



Escuela Técnica Superior de Ingenieros en
Topografía, Geodesia y Cartografía
Universidad Politécnica de Madrid



PROYECTO FIN DE CARRERA

TÉCNICAS BIM APLICADAS A LA RECONSTRUCCIÓN VIRTUAL DEL YACIMIENTO ARQUEOLÓGICO MLEIHA 5 (E.A.U.)



GOVT. OF SHARJAH
DEPARTAMENT OF CULTURE & INFORMATION
UNITED ARAB EMIRATES

Madrid, Julio 2015

Tutores:

Mercedes Farjas Abadía
Rafael Eugenio Guadalupe García

Alumno:

Juan José Haba Bartolomé

Índice

1. Introducción	7
1.1 Objetivo	8
1.2 Relevancia del Proyecto	8
1.3 Historia del yacimiento	9
1.3.1 Edad de Piedra (5000–3000 a.C.)	10
1.3.2 Edad de Bronce (3000–1300 a.C.)	10
1.3.3 Edad de Hierro (1300–300 a.C.)	11
1.3.4 Época Preislámica (300 a.C. – 630 d.C.)	12
1.4 Situación y localización de la zona de estudio	14
1.4.1 Descripción y localización Emiratos Árabes Unidos	14
1.4.2 Descripción y localización Emirato Sharjah–Mleiha	16
1.4.3 Descripción y localización Mleiha	17
1.4.4 Descripción y localización Mleiha Zona 5	18
1.5 Detalle elementos constructivos y mausoleo tipo	19
2. Building Information Modelling (BIM)	21
2.1 Definición BIM	22
2.2 Implantación internacional BIM	23
2.3 Fases del ciclo de vida	24
2.4 Objetivos generales del BIM	26
2.5 Agentes participantes en BIM	27
2.6 Software	30
2.7 Nivel de desarrollo	35
2.7.1 LOD (Level Of Development–Nivel de desarrollo)	35
2.7.2 Tipos de Modelo COBIM	36
2.8 Sistemas de coordenadas y unidades	38
2.9 Información y parametrización	40
2.10 Mediciones, precisión y visualización	41
2.11 Liberación del Modelo	43
3. Modelado 3D	44
3.1 Tratamiento preliminar de ficheros	45
3.2 Importación desde SketchUp	48
3.3 Modelado 3D	52
3.3.1 Superficies 3D	52

3.3.2 Elementos 3D	54
3.3.3 Solidos 3D	55
3.3.4 Fotografías fase constructiva	58
4. Modelado 4D	68
4.1 Importación desde Synchro Pro	69
4.2 Modelado 4D	72
4.2.1 Configuración Synchro	72
4.2.2 Tareas y Diagrama de Gantt	75
4.2.3 Red de Precedencias	76
4.2.4 Recursos	77
4.2.5 Reglas y rendimientos	78
4.2.6 Implantación en Obra	80
4.2.7 Asignación a Tarea	81
4.2.8 Video	83
5. Presupuesto	85
5.1 Introducción	86
5.2 Tareas realizadas	86
5.3 Costes unitarios	87
5.4 Cálculos por tareas sin I.V.A	88
5.5 Coste total	89
6. Conclusiones	90
7. Bibliografía	92
8. Agradecimientos	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.	Abrigo rocoso en Jebel Faya. (Universes-in-universe.org, 2014)	9
Figura 1.2.	Tumba Umm an-Nar. (Universes-in-universe.org, 2014)	11
Figura 1.3.	Jebel al-Buhais. (Universes-in-universe.org, 2014)	11
Figura 1.4.	Fuerte de Mleiha. (Universes-in-universe.org, 2014)	12
Figura 1.5.	Yacimientos arqueológicos en Sharjah. (Universes-in-universe.org, 2014)	13
Figura 1.6.	Situación mundial E.A.U. (Google Maps, 2014)	14
Figura 1.7.	Organización territorial E.A.U. (Wikipedia, 2014)	15
Figura 1.8.	Mapa geográfico E.A.U. (Planeta DeAgostini, 2009)	16
Figura 1.9.	Mapa Emirato Sharjah (E.A.U.) (Universes-in-universe.org, 2014)	17
Figura 1.10.	Mapa Mleiha-Sharjah (E.A.U.) (Google Maps, 2014)	17
Figura 1.11.	Mapa Mleiha (E.A.U.) (Google Maps, 2014)	18
Figura 1.12.	Mapa Mleiha Zona 5 (E.A.U.) (Google Maps, 2014)	19
Figura 1.13.	Elementos constructivos	19
Figura 1.14.	Mausoleos tipo	20
Figura 2.1.	Mapa implantación internacional BIM (Building Smart, 2014)	23
Figura 2.2.	Ciclo de vida y fases BIM. (Building Smart, 2014)	25
Figura 2.3.	Agentes BIM. (Animum3d, 2015)	29
Figura 2.4.	Relación agentes con BIM Manager. (Intromac, 2015)	30
Figura 2.5.	Relación archivos y agentes BIM	31
Figura 2.6.	Estándares BIM. (Building Smart 2014)	32
Figura 2.7.	Relación internacional de estándares BIM. (Building Smart 2014)	34
Figura 2.8.	Estándares Básicos BIM. (Building Smart 2014)	34
Figura 2.9.	Fusión de los modelos y archivos BIM. (Guía UBIM, 2014)	38
Figura 2.10.	Transformación Helmert. (Javier Peñafiel-Jorge Zayas, 2001)	40
Figura 2.11.	Visualización del sistema de climatización y ventilación en modelo combinado BIM. (Guía UBIM, 2014)	42
Figura 2.12.	Documentación e información en el Modelo BIM. (Miltonchanes, 2015)	43
Figura 3.1.	Ortofoto Mleiha Zona 5 (2013)	45
Figura 3.2.	Fichero Plano Mleiha 5 (2013) (Autodesk Autocad, 2014)	46
Figura 3.3.	Fichero MLH5 v4.dwg que contiene las líneas de las Tumbas-Torres construidas en 2014. (Autodesk Autocad, 2014)	47
Figura 3.4.	Fichero Plano Mleiha 5 (2013) Final. (Autodesk Autocad, 2014)	47
Figura 3.5.	Plantilla Urbanismo, geo-modelado y para topografía. (SketchUp Pro 2015)	48

Figura 3.6.	Importación Fichero Plano Mleiha 5 (2013) Final (Autocad) a SketchUp Pro 2015. (SketchUp Pro 2015)	48
Figura 3.7.	Selección Fichero Plano Mleiha 5 (2013)_Final (Autocad) y tipo. Importación a SketchUp Pro 2015. (SketchUp Pro 2015)	49
Figura 3.8.	Resultados Importación Fichero Plano Mleiha 5 (2013)_Final.	49
Figura 3.9.	Comprobación resultados Importación Fichero Plano Mleiha 5 (2013)_Final. (SketchUp Pro 2015)	50
Figura 3.10.	Eliminación capas irrelevantes para Modelado 3D. (SketchUp Pro 2015)	50
Figura 3.11.	Corrección curva mal proyectada. (SketchUp Pro 2015)	51
Figura 3.12.	Recolocación curva mal proyectada. (SketchUp Pro 2015)	51
Figura 3.13.	Modelo 3D. Superficie Topográfica Entorno. (SketchUp Pro 2015)	52
Figura 3.14.	Modelo 3D. Superficie Topográfica Limite Excavación. (SketchUp Pro 2015)	53
Figura 3.15.	Modelo 3D. Superficie Muros Antiguos-Tumbas. (SketchUp Pro 2015)	53
Figura 3.16.	Modelo 3D. Superficie Camino. (SketchUp Pro 2015)	54
Figura 3.17.	Modelo 3D. Árboles y postes eléctricos. (SketchUp Pro 2015)	55
Figura 3.18.	Modelo 3D Final Vista General. (SketchUp Pro 2015)	56
Figura 3.19.	Modelo 3D Final. Detalle Tumbas Grupo 1 con entrada Tumba 002. (SketchUp Pro 2015)	57
Figura 3.20.	Modelo 3D Final. Detalle Tumbas Grupo 2 con entrada Tumba 014. (SketchUp Pro 2015)	57
Figura 3.21.	Fotografía Fase Constructiva. Detalle 1. Superior Torre Tumba 001. (2014)	58
Figura 3.22.	Fotografía Fase Constructiva. Detalle 2. Interior Torre Tumba 001. (2014)	58
Figura 3.23.	Fotografía Fase Constructiva. Detalle 3. Interior Torre Tumba 001. (2014)	59
Figura 3.24.	Fotografía Fase Constructiva. Detalle 1. Entrada Torre Tumba 002. (2014)	59
Figura 3.25.	Fotografía Fase Constructiva. Detalle 2. Superior Torre Tumba 002. (2014)	60
Figura 3.26.	Fotografía Fase Constructiva. Detalle 3. Superior Torre Tumba 002. (2014)	60
Figura 3.27.	Fotografía Fase Constructiva. Detalle 1. Interior Torre Tumba 003. (2014)	61
Figura 3.28.	Fotografía Fase Constructiva. Detalle 2. Interior Torre Tumba 003. (2014)	61
Figura 3.29.	Fotografía Fase Constructiva. Detalle 1. Interior Torre Tumba 012. (2014)	62
Figura 3.30.	Fotografía Fase Constructiva. Detalle 2. Interior Torre Tumba 012. (2014)	62
Figura 3.31.	Fotografía Fase Constructiva. Detalle 1. Interior Torre Tumba 013. (2014)	63
Figura 3.32.	Fotografía Fase Constructiva. Detalle 2. Interior Torre Tumba 013. (2014)	63
Figura 3.33.	Fotografía Fase Constructiva. Detalle 3. Interior Torre Tumba 013. (2014)	64
Figura 3.34.	Fotografía Fase Constructiva. Detalle 1. Entrada Torre Tumba 014. (2014)	64
Figura 3.35.	Fotografía Fase Constructiva. Detalle 2. Superior Torre Tumba 014. (2014)	65

Figura 3.36. Fotografía Fase Constructiva. Detalle 3. Superior Torre Tumba 014. (2014)	65
Figura 3.37. Fotografía Fase Constructiva. Detalle 1. Exterior Grupo Tumbas 1. (2014)	66
Figura 3.38. Fotografía Fase Constructiva. Detalle 2. Exterior Grupo Tumbas 1. (2014)	66
Figura 3.39. Fotografía Fase Constructiva. Detalle 1. Exterior Grupo Tumbas 2. (2014)	67
Figura 3.40. Fotografía Fase Constructiva. Detalle 2. Exterior Grupo Tumbas 2. (2014)	67
Figura 4.1. Importación Modelo 3D a Synchro Pro 2015. (Synchro Pro 2015)	69
Figura 4.2. Cuadro de diálogo Importar 3D. (Synchro Pro 2015)	70
Figura 4.3. Cuadro de diálogo Asistente de Recursos. (Synchro Pro 2015)	70
Figura 4.4. Cuadro de diálogo Detalles de Recursos. (Synchro Pro 2015)	70
Figura 4.5. Cuadro de diálogo Creación del Recurso. (Synchro Pro 2015)	71
Figura 4.6. Resultado de importación del Modelo 3D a Synchro Pro 2015. (Synchro Pro 2015)	71
Figura 4.7. Cuadro de Diálogo Opciones. Formato de Visualización de Hora. (Synchro Pro 2015)	72
Figura 4.8. Cuadro de Diálogo Opciones. Formato de Duración del Despliegue. (Synchro Pro 2015)	73
Figura 4.9. Cuadro de Diálogo Opciones. Moneda. (Synchro Pro 2015)	73
Figura 4.10. Cuadro de Diálogo Opciones. Parámetros. (Synchro Pro 2015)	74
Figura 4.11. Cuadro de Diálogo Opciones. Tipo de Enlace. (Synchro Pro 2015)	75
Figura 4.12. Diagrama de Gantt y Tareas Resumen. (Synchro Pro 2015)	76
Figura 4.13. Red de Precedencias y Tareas. (Synchro Pro 2015)	77
Figura 4.14. Recursos Humanos y Materiales. (Synchro Pro 2015)	78
Figura 4.15. Reglas y Rendimientos. (Synchro Pro 2015)	79
Figura 4.16. Duración de Tareas. (Synchro Pro 2015)	79
Figura 4.17. Importación Modelo 3D_Implantación en Obra. (Synchro Pro 2015)	80
Figura 4.18. Elementos Modelo Implantación en Obra. (Synchro Pro 2015)	81
Figura 4.19. Asignación a Tarea. (Synchro Pro 2015)	82
Figura 4.20. Recursos Asignados. (Synchro Pro 2015)	82
Figura 4.21. Animaciones. (Synchro Pro 2015)	83
Figura 4.22. Editor de animaciones y Exportar a AVI. (Synchro Pro 2015)	84
Figura 4.23. Vista vídeo Reconstrucción Virtual Torres Mleiha.	84

1. Introducción

1.1. Objetivo

El objetivo del siguiente Proyecto Fin de Carrera consiste en definir y describir de forma ordenada, clara y precisa el procedimiento a seguir en el desarrollo de un trabajo mediante técnicas BIM (Building Information Modeling – Modelado de Información de Construcción) con la finalidad añadida de que pueda servir como un protocolo general para los profesionales relacionados con el ámbito de estas materias.

Este proyecto se ocupará de las siguientes tareas:

- Terminología, normativa, ámbitos de aplicación, metodología y flujo de trabajo empleados en la utilización de técnicas denominadas BIM.
- Aplicación sobre el yacimiento arqueológico Mleiha zona 5 situado en Emiratos Árabes Unidos, incluyendo la elaboración de un modelo de reconstrucción virtual de este cementerio y sus antiguos panteones. Para ello contaremos con la topografía y cartografía de la zona, en una superficie aproximada de 1 Hectárea, procedente de un levantamiento a escala 1:200 realizado en Mayo de 2013.

1.2. Relevancia del Proyecto

Dada la naturaleza multidisciplinar, complejidad en la coordinación y gestión de equipos de trabajo y la necesaria interoperabilidad entre los distintos formatos de información que conlleva la realización de proyectos de diseño, construcción, gestión y explotación de todo tipo de edificaciones, construcciones e infraestructuras mediante técnicas BIM, se estima relevante la creación de un protocolo de referencia con una estructura lógica y clara que ordene estos aspectos.

La necesidad, posibilidad y ventajas de incluir e integrar información geométrica, paramétrica, normativas, características de los elementos, cálculos de eficiencia energética, etc... procedente de diversas fuentes y operadores, que permitan aportar soluciones profesionales dinámicas tanto planimétricas 2D, tridimensionales 3D, incluso 4D (Control de Tiempos) o 5D (Control de Costes) implica la utilización de herramientas tecnológicas y una nueva metodología apoyada en la mejora de la comunicación y la colaboración entre los distintos agentes con la finalidad de conseguir trabajos precisos, sostenibles, eficientes y con valor añadido dentro de un diseño inteligente y que en muchas ocasiones se desarrollará durante todo su ciclo de vida útil.

La incorporación, desde hace algunos años, de metodología BIM tanto a nivel internacional, en países con un alto nivel de desarrollo, como dentro de la U.E. y su zona de influencia económica, así como la exigencia en normativas (en ciertos países) y las tendencias legislativas de implantación progresiva que afectan a los agentes o profesionales relacionados con proyectos e iniciativas tanto públicas como privadas en nuestro país hace si cabe más urgente y conveniente un profundo análisis que aporte una mejora al desarrollo profesional de los ingenieros técnicos en topografía.

1.3. Historia del yacimiento

El origen histórico de la región del actual Emiratos Árabes Unidos se situaría en tiempos muy remotos, según parecen confirmar los recientes descubrimientos en la cara oriental de los montes Hajar, en la ladera oriental de Jebel Faya y en el extremo occidental de Abu Dhabi. Probablemente la zona desempeñó un papel importante en las migraciones de los primeros humanos entre África y Asia.



Figura 1.1. Abrigo rocoso en Jebel Faya. El hallazgo más antiguo data de hace 125.000 años.

Fuente: Internet 06-12-2014

http://universes-in-universe.org/esp/art_destinations/sharjah/archaeological_sites/jebel_faya_2

Los primeros asentamientos humanos de los que se tenía indicios claros y significativos están datados en el entorno de los 7500 años y se desarrollaron bajo un clima mucho más húmedo. Posteriormente los contactos, preexistentes desde los primeros tiempos, con las civilizaciones del

norte se intensificaron sobre todo por el comercio de cobre de las montañas Hajar y las comunidades de oasis fortificados se centraron en la agricultura. El clima pasó a ser más árido.

A finales del segundo milenio, la domesticación del camello benefició considerablemente el comercio y la utilización de las nuevas técnicas de irrigación (riego *falaḡ*) hizo posible el aprovechamiento de amplias zonas agrícolas y el aumento de los asentamientos en la región.

Para un mejor análisis de la importancia histórica y arqueológica del Emirato de Sharjah y más concretamente de la zona de Mleiha se procede a dividirla en los siguientes periodos.

1.3.1. Edad de Piedra (5000–3000 a.C.)

Los primeros ocupantes del territorio de Sharjah tenían carácter nómada. Se desplazaban con sus ganados de cabras y ovejas, entre las zonas costeras (ricas en manglares con abundancia de pescado y crustáceos) y las planicies interiores que proveían de pastos, caza y plantas salvajes.

En algunos enclaves del interior del Emirato se han encontrado restos arqueológicos, tales como herramientas y armas hechas de piedra pertenecientes a comunidades cazadoras, propias de esta época.

Cabe destacar de este periodo la necrópolis de Jebel al-Buhais con sus primeras sepulturas entre el 5000 a.C. y el 4000 a.C. hasta finales de la Edad de Hierro.

1.3.2. Edad de Bronce (3000–1300 a.C.)

El establecimiento de poblaciones permanentes en el Emirato de Sharjah se produce gracias a la agricultura basada en cosechas de pastos para el ganado, trigo y cebada.

Desde el tercer milenio lugares como “Dilmun”, “Magan” y “Meluhha” adquieren gran importancia, con el suministro de materias primas (madera, piedra y cobre) a las ciudades-estado de Mesopotamia meridional. Dentro de algunas tumbas de esta época se ha encontrado cerámica proveniente del comercio con esta civilización.

A partir del año 2000 a.C. surgen las nuevas tumbas de Suq, excavadas frecuentemente en el lecho de un río seco, y las tumbas circulares propias del periodo “An-Nar de Umm”, uno de cuyos ejemplos ha sido excavado recientemente en Mleiha. Estas últimas tumbas en ocasiones cuentan con tallas de animales en su exterior, como gacelas, serpientes y camellos.



Figura 1.2. Tumba Umm an-Nar.

Construcción de piedra circular data del 3er milenio localizada en el sitio arqueológico de Mleiha.

Fuente: Internet 06-12-2014

http://universes-in-universe.org/esp/art_destinations/sharjah/archaeological_sites/umm_an_nar_tomb

1.3.3. Edad de Hierro (1300–300 a.C.)

Es durante esta época cuando el sistema de riego *falaj* (mediante canales subterráneos) permite la irrigación extensiva de campos de cultivo y el aprovechamiento de tierras anteriormente improductivas. Además el uso del camello favorece el comercio entre los distintos asentamientos. Esto conlleva el rápido incremento de la cantidad y dimensiones de los asentamientos en el área de Emiratos Árabes Unidos y Omán.

Se desarrollan núcleos de población con construcciones de adobe como Tuqueibah y Mleiha, en los que se han descubierto numerosos restos de cerámica, adornos, armas y utensilios de metal mucho más elaborados pertenecientes a un comercio y una industria mayor, siendo especialmente relevante la explotación del cobre.



Figura 1.3. Jebel al-Buhais.

Necrópolis con numerosas sepulturas desde principios del quinto milenio hasta finales de la Edad de Hierro

Fuente: Internet 06-12-2014

http://universes-in-universe.org/esp/art_destinations/sharjah/archaeological_sites/jebel_al_buhais

1.3.4. Época Preislámica (300 a.C. – 630 d.C.)

Esta es la etapa más prolija en cuanto a cantidad y calidad de restos arqueológicos en la zona de Sharjah. Es en esta época cuando se extiende el uso de los objetos de hierro y aparecen los primeros ejemplos de escritura y monedas de los que se tiene constancia.

La región formaba parte de la ruta comercial que unía los países mediterráneos con los del Océano Índico a través de toda la península Arábiga. Por esta ruta circulaban todo tipo de bienes anteriormente descritos además de perlas e incienso.

La aldea de Mleiha era el centro económico de su entorno más próximo conectándose con las zonas costeras por medio de cauces estacionales o secos denominados *wadis* y convirtiéndose en un enclave de cierta importancia.

Por otro lado, también cambian las tradiciones funerarias con la inclusión de sacrificios rituales de caballos y camellos en los enterramientos de los dueños.



Figura 1.4. Fuerte de Mleiha

Estructura de edificación casi cuadrada de 60 x 55 metros, con un amplio patio interior.

Fuente: Internet 06-12-2014

http://universes-in-universe.org/esp/art_destinations/sharjah/archaeological_sites/mleiha_fort/02

Como conclusión cabe decir que nos encontramos en un área donde existen varios puntos de gran interés arqueológico, como el Fuerte de Mleiha, la Tumba Umm an-Nar, el abrigo rocoso y las tumbas al pie de Jebel Faya o la necrópolis de Jebel al Buhais.

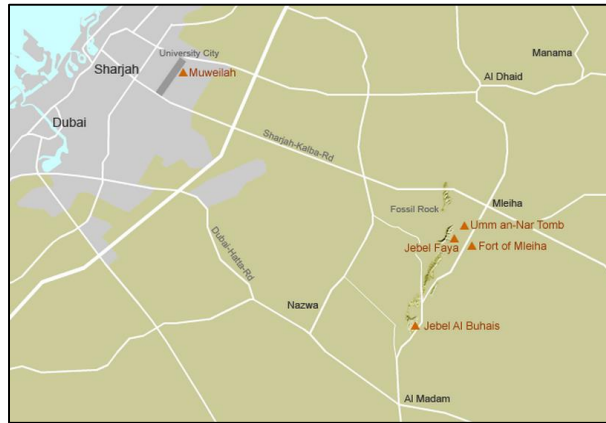


Figura 1.5. Yacimientos arqueológicos en Sharjah

Fuente: Internet 06-12-2014

http://universes-in-universe.org/esp/art_destinations/sharjah/archaeological_sites/map_archaeological_sites

Para finalizar este análisis historiográfico, que determina el contexto arqueológico de la zona nos centraremos en nuestro yacimiento.

El yacimiento arqueológico denominado Mleiha Zona 5 (MLH-5) está formado por un centenar de restos de construcciones funerarias o tumbas con diversas dimensiones, encontrándose las de mayor tamaño agrupadas en el centro y el resto dispersas sin orden aparente a su alrededor.

Según las dataciones de los restos y los estudios arqueológicos llevados a cabo en este cementerio nos encontramos en la última época analizada, es decir dentro de la época preislámica y para ser más precisos, en el periodo comprendido entre el 200 a.C. y el 100 d.C.

1.4. Situación y localización de la zona de estudio

1.4.1. Descripción y localización Emiratos Árabes Unidos

Emiratos Árabes Unidos (EAU) es un estado soberano situado en el Suroeste de Asia, más concretamente en el Sureste de la península Arábiga, entre el golfo de Omán y el golfo Pérsico que están separados por el geoestratégico estrecho de Ormuz.

Sus coordenadas geográficas se encuentran comprendidas entre los entre 22°50' y 26° latitud Norte y los 51° y 56°25' longitud Este.

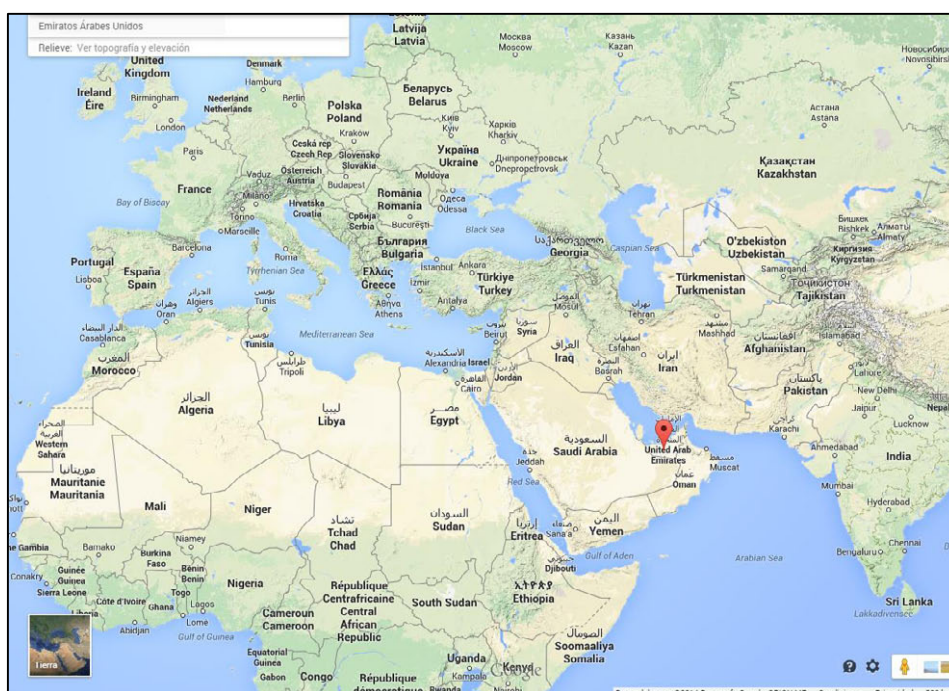


Figura 1.6. Situación mundial E.A.U.

Fuente: Internet 06-12-2014

<https://www.google.es/maps/place/Emiratos+%C3%81rabes+Unidos/@35.1140534,41.777776,4z/data=!4m2!3m1!1s0x3e5e48dfb1ab12bd:0x33d32f56c0080aa7!5m1!1e4>

EAU es una monarquía constitucional federada conformada por siete emiratos con capital en Abu Dhabi y cuyo emirato, del mismo nombre, es el más grande e importante. Posee importantes recursos en hidrocarburos y gas que constituyen su fuente principal de riqueza.

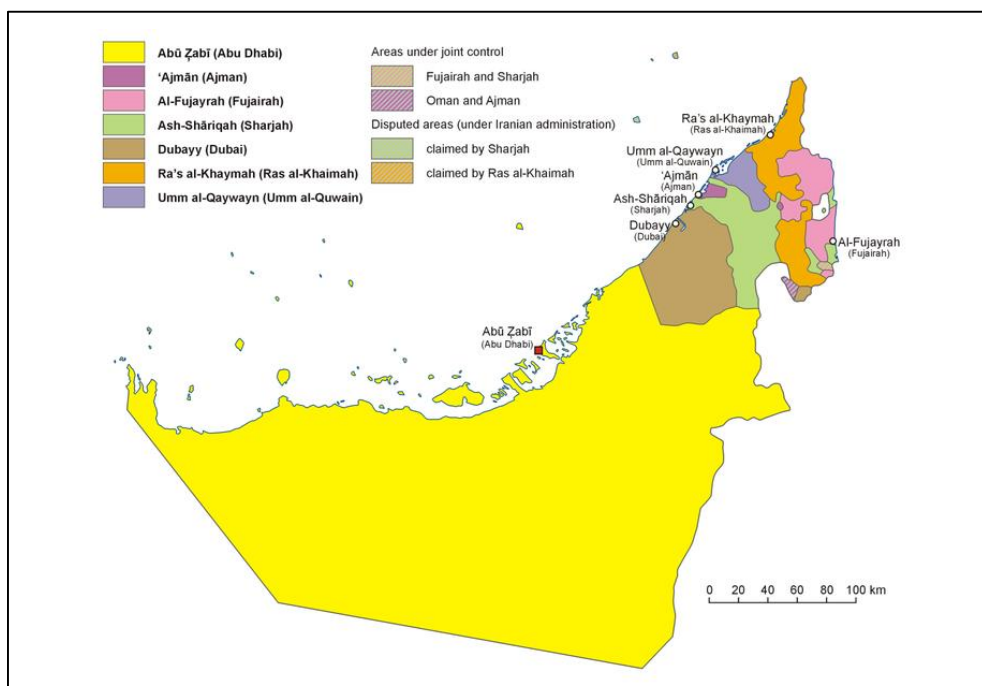


Figura 1.7. Organización territorial E.A.U.

Fuente: Internet 06-12-2014

http://es.wikipedia.org/wiki/Organizaci%C3%B3n_territorial_de_los_Emiratos_%C3%81rabes_Unidos

Limita al NO con Catar, al S y SO con Arabia Saudí y al E y NE con Omán si bien parte de las fronteras con estos dos últimos países no están establecidas definitivamente y se mantienen también algunas disputas de soberanía sobre algunas islas con Catar e Irán (Abu Musa, Tumb Mayor y Menor).

El país es una planicie, con cotas en el entorno de los 200 m, salvo en el NE dónde se eleva por encima de los 1000 m en los montes Al Hajar el Gharbi (Al Hajar occidentales). Esta cordillera continúa hacia el sur a lo largo de parte de la frontera con Omán.

La mayoría del terreno está conformado por la prolongación del árido desierto Rub al-Jali (Rub al- Khali) de inmensas dunas móviles y con algunos oasis notables, además de por áreas semi-desérticas con escasa vegetación.

Al Norte y Noroeste, en el emirato de Abu Dhabi, abundan los pantanales salados o (sebjas). Por otro lado gran parte de las islas bajo la soberanía de E.A.U. son de formación coralina o simplemente, cambiantes bancos de arena.



Figura 1.8. Mapa geográfico E.A.U.
Fuente: Edition Atlas-Planeta DeAgostini 2009

1.4.2. Descripción y localización Emirato Sharjah–Mleiha

El Emirato de Sharjah (Sarja) es el tercero en extensión y población del país por detrás de los Emiratos de Dubai y Abu Dhabi.

La mayor parte de su superficie la ocupa una franja de terreno de unos 16 Km en la costa del golfo Pérsico que se adentra unos 80 Km con dirección SE hacia Omán. Además cuenta con los enclaves de Kalba, Khor Fakkan y Dibba Al Hisn en el golfo de Omán.

En la costa del golfo Pérsico y colindando al SO con Dubai se encuentra la ciudad de Sharjah. Como capital del Emirato de Sharjah se erige como su centro administrativo, cultural y económico.



Figura 1.9. Mapa Emirato Sharjah (E.A.U.)

Fuente: Adaptado de Internet 06-12-2014.

http://universes-in-universe.org/esp/art_destinations/sharjah/about_sharjah/emirate_sharjah_map

1.4.3. Descripción y localización Mleiha

La población de Mleiha (Al Malaiha) está situada a unos 20 Km al Sur de la moderna Al Dhaid y a 50 Km al Este de la capital. Está ubicada entre la región céntrica del emirato que alberga los montes de Jebel Mleiha, Jebel Faya, Jebel Emalah, Jebel Aqbah y Jebel Al-Buhais por el Oeste y los montes Al Hajar por el Este.

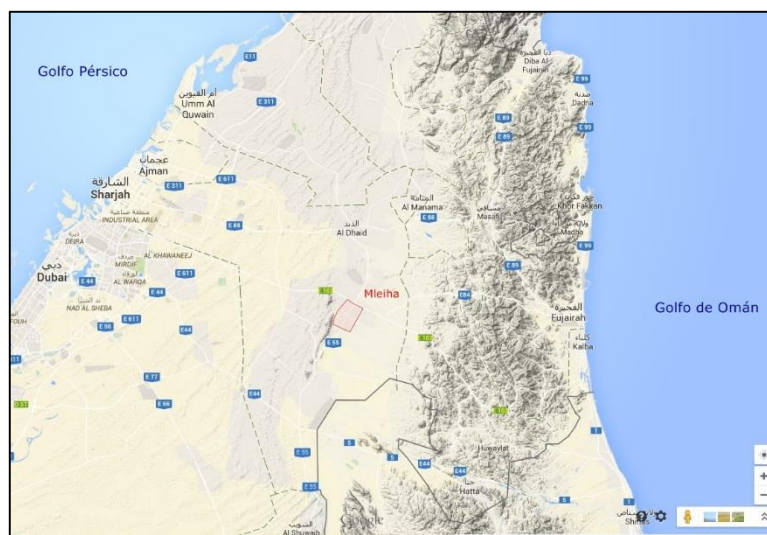


Figura 1.10. Mapa Mleiha-Sharjah (E.A.U.)

Fuente: Adaptado de Internet 06-12-2014.

<https://www.google.es/maps/place/Al+Malaiha+-+Sharjah+-+Emiratos+%C3%81rabes+Unidos/@25.2607225,55.9077072,10z/data=!4m2!3m1!1s0x3ef5a235c277d2eb:0xe2a4b3530469a064!5m1!1e4>

Mleiha se encuentra al sur de la intersección que se produce entre la carretera E-102 (Sharjah-Kalba) que constituye el límite norte y la carretera E-55 (Al Dhaid-Al Shuwaid) que atraviesa el municipio con dirección NE-SO dividiéndolo en dos.

Su topografía está principalmente determinada por las dunas y depresiones interdunares en las zonas del Centro, Este y Norte del término municipal y por el glacis de grava fina proveniente de las elevaciones del Sureste y de los cercanos montes del Oeste, anteriormente mencionados.

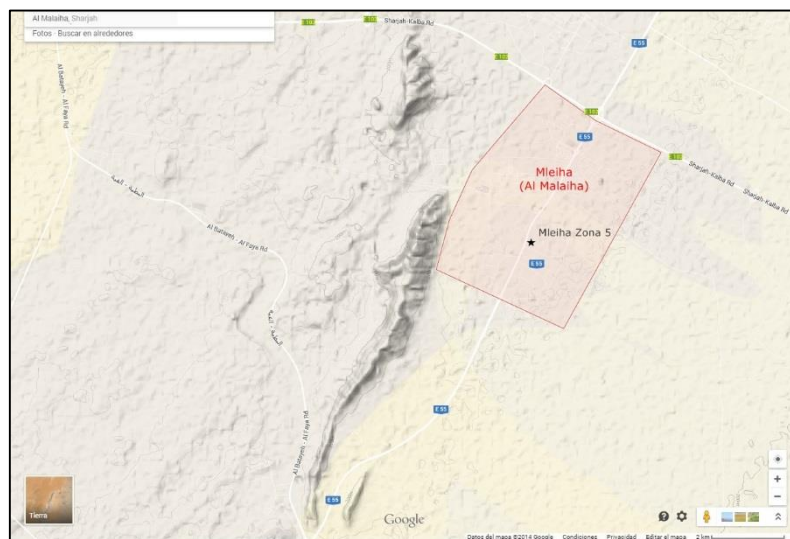


Figura 1.11. Mapa Mleiha (E.A.U.)

Fuente: Adaptado de Internet 06-12-2014.

<https://www.google.es/maps/place/Al+Malaiha++Sharjah++Emiratos+%C3%81rabes+Unidos/@25.1085614,55.8364281,13z/data=!4m2!3m1!1s0x3ef5a235c277d2eb:0xe2a4b3530469a064!5m1!1e4>

1.4.4. Descripción y localización Mleiha Zona 5

El yacimiento arqueológico Mleiha Zona 5 se encuentra al sur del término municipal, cerca del triángulo formado por la Tumba Umm an-Nar, el Fuerte de Mleiha y Jebel Faya.

El enclave está localizado unos 500 m al sur del Fuerte de Mleiha y a unos escasos 100 metros del margen derecho de la carretera E-55 sentido Norte.

Este cementerio tiene una superficie próxima a la hectárea y alberga un centenar de tumbas en cuyo emplazamiento se procederá a levantar las torres-mausoleo.



Figura 1.12. Mapa Mleiha Zona 5 (E.A.U.)

Fuente: Adaptado de Internet 06-12-2014.

<https://www.google.es/maps/@25.1121611,55.861834,3882m/data=!3m1!1e3!5m1!1e4>

1.5. Detalle elementos constructivos y mausoleo tipo

Para la reconstrucción virtual mediante técnicas BIM se dispondrá de los siguientes elementos constructivos básicos:

- ladrillos y terminaciones hechas de adobe.
- vigas de madera para los tejados.
- materiales para la elaboración de morteros de argamasa como elemento aglutinante en paredes y techo y como revestimientos interiores.



Figura 1.13. Elementos constructivos.

Fuente: Propia.

Con estos elementos podremos diseñar y simular la construcción de las torres-mausoleo características de esta zona, analizando el tiempo empleado.

Estas construcciones funerarias cuentan con una entrada subterránea mediante escalones excavados en la tierra que sirven para preservar las condiciones interiores y algunos elementos estructurales auxiliares de contención y refuerzo contra las condiciones climáticas exteriores propias.



Figura 1.14. Mausoleos tipo. Exterior Torres-Tumba.
Fuente: Propia.

2. Building Information Modeling (BIM)

2.1. Definición BIM

BIM son las siglas de Building Information Modeling, es decir modelado con información para la edificación o construcción.

Si bien otros autores prefieren el término VDC (Virtual Design Construction–Diseño de Construcción Virtual) o VCM (Virtual Construction Model–Modelo de Construcción Virtual) debido a su extensa aceptación nos centraremos en el primero.

Las técnicas y métodos que se analizarán permiten la elaboración de modelos virtuales. Éstos pueden llevarse a cabo en proyectos que en ocasiones exceden el ámbito de edificios, construcciones e infraestructuras, trasladando las ventajas de estas técnicas a sectores, industrias y disciplinas como la automoción, aeronáutica, ferroviaria, arqueología, etc... con las que podremos realizar análisis de costes, tiempo, eficiencia, conflictos y otros que se irán considerando posteriormente.

Se trata de una metodología y concepción integral de edificaciones basada en la generación, gestión y aprovechamiento de los datos del edificio durante todo su ciclo de vida. En la actualidad deberá contar con un control de la sostenibilidad medioambiental y eficiencia energética, así como del cumplimiento de normativas y control de calidad.

Para lograrlo se utiliza software dinámico de modelado en 3D incluso 4D (Tiempo) y 5D (Costes) junto con toda la información relativa al edificio proveniente de los agentes implicados en las distintas fases de la vida de la construcción.

Debido a la diversidad de fuentes y participantes que intervienen en los proyectos la generación del Modelo BIM deberá ser colaborativa, con software compatible y en tiempo real, que permita los cambios y muestre las distintas alternativas de una forma fluida y precisa.

El modelo BIM resultante será por tanto la representación digital de las características físicas y de funcionalidad de la construcción, incluyendo la información geográfica, la geometría del edificio, sus relaciones espaciales, además de las cantidades y características de cada uno de sus elementos en un mismo archivo y base de datos actualizable.

El concepto del BIM supone un desarrollo del diseño asistido por ordenador (CAD), nacido en la década de 1980, y nos conduce a la industrialización y eficiencia de los procesos constructivos integrando toda la información, detectando los conflictos y adaptando rápidamente cualquier cambio o modificación.

2.2. Implantación internacional BIM

Esta metodología está cada vez más extendida a nivel internacional, lo que permite que profesionales de empresas, países e idiomas distintos puedan interactuar en el mismo proyecto incluso combinando software diferente.

Algunos países, disponen ya de normativas específicas, de obligado cumplimiento referentes a la utilización de BIM en los proyectos constructivos públicos, si bien su uso es extenso y creciente en iniciativas privadas.

Por ejemplo en Finlandia todo proyecto de edificación o construcción que se realiza se entrega en BIM.

En Suecia y Noruega es imprescindible su uso en los principales edificios e infraestructuras públicas y desde hace tiempo se enseña en todas las escuelas y universidades.

Reino Unido pretende hacerlo de obligado cumplimiento a partir de 2016 para todas las licitaciones públicas.

En Estados Unidos para algunas agencias (GSA–Agencia Gubernamental de Servicios, Armada, Guardia Costera...) ya es obligatorio la entrega del BIM. Australia, Dinamarca, Holanda y México también lo exigen ya en sus proyectos públicos.

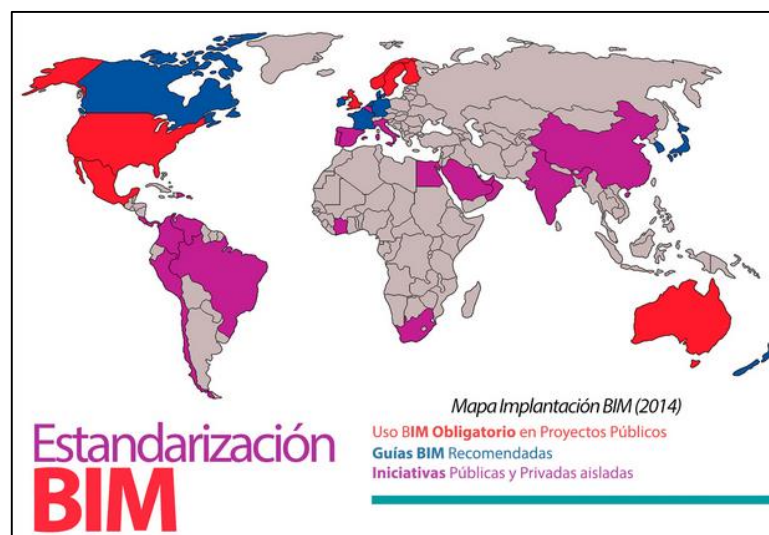


Figura 2.1. Mapa implantación internacional BIM.

Fuente: Internet 10-12-2014

http://www.buildingsmart.es/images/bim_leaflet.jpg

La decisión del Parlamento Europeo de actualizar las regulaciones y procedimientos de los países miembros a través de la DIRECTIVA 2014/24/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 26 de febrero de 2014 sobre contratación pública y por la que se deroga la Directiva 2004/18/CE ha sido ampliamente apoyada por el sector.

Esta directiva incluye la recomendación del uso de herramientas electrónicas como el BIM dentro de los contratos y concursos públicos para un mejor y rápido desarrollo de proyectos sostenibles y económicamente eficientes.

A partir de 2016 la adopción de esta directiva conocida como European Directive for Public Procurement (EDPP) permitirá fomentar, promover, especificar y obligar al uso de BIM en proyectos financiados con fondos públicos de la U.E.

Se hace por tanto más inaplazable su adecuada inclusión en los planes de estudio de arquitectura y de las diversas ingenierías para formar profesionales capacitados internacionalmente, así como el reciclaje de todo tipo de profesionales dentro de nuestro país.

Es necesario la implantación en las empresas, sobre todo en las empresas de mediano y pequeño tamaño (PYMES) para mejorar la eficiencia, competitividad e internacionalización del sector. El apoyo de las instituciones públicas será imprescindible para la correcta incorporación de todos a estos nuevos procesos y metodologías.

2.3. Fases del ciclo de vida

El ciclo de vida de un edificio se contempla desde el periodo que se inicia con su diseño hasta el último paso que se correspondería con su reciclaje y demolición. No obstante en cualquier momento se puede generar un modelo BIM sobre edificios ya construidos, incorporando la información preexistente o generando nuevas mediciones y adquisiciones de datos.

En términos generales la primera fase podría ser la del diseño. Es una fase muy importante dado que la toma de decisiones es crucial para la obtención de un producto plenamente satisfactorio. Una vez definidos los criterios y requisitos básicos del proyecto se procede al diseño colaborativo de las distintas propuestas. Se observan aspectos como funcionalidad, costes, sostenibilidad, medioambiente o accesibilidad que nos permitan obtener la calidad, seguridad y eficiencia requerida tanto en el producto final como en las sucesivas fases.

Posteriormente se sucede una etapa de análisis más detallado en la que se estudia la estructura, arquitectura, iluminación, climatización y demás servicios e instalaciones, así como los posibles conflictos. Esto define y puede modificar el diseño inicial dando lugar al diseño detallado o de ejecución.

Con el Modelo suficientemente desarrollado se tendrán los elementos básicos que permitan avanzar en la fabricación y adquisición de materiales y elementos constructivos.

Durante la fase constructiva el modelo proporcionará análisis de costes, tiempo, nivel de ejecución, jerarquización de los trabajos, modos de ejecución y resolución de conflictos, ayudando a la eficiencia y seguridad del trabajo. Aquí se incluyen estructuras auxiliares propias del proceso constructivo.

Una vez concluida la construcción se puede obtener un modelo para la gestión, explotación y mantenimiento de la construcción. Este modelo se irá generando durante la fase constructiva para que incluya las instalaciones ocultas y contará con el mayor nivel de desarrollo.

Por último si la edificación no va a ser rehabilitada se procederá a su demolición y reciclaje ordenado. Durante estas dos fases el modelo puede ser también de gran utilidad, aportando seguridad y eficiencia en las tareas.

Según se van desarrollando las distintas fases se irán generando los distintos modelos (de diseño, constructivo, de mantenimiento...) que contarán con los niveles de desarrollo o detalle (LOD Level of Development) adecuados. El nivel deberá estar previa y claramente definidos en los contratos y pliegos de condiciones

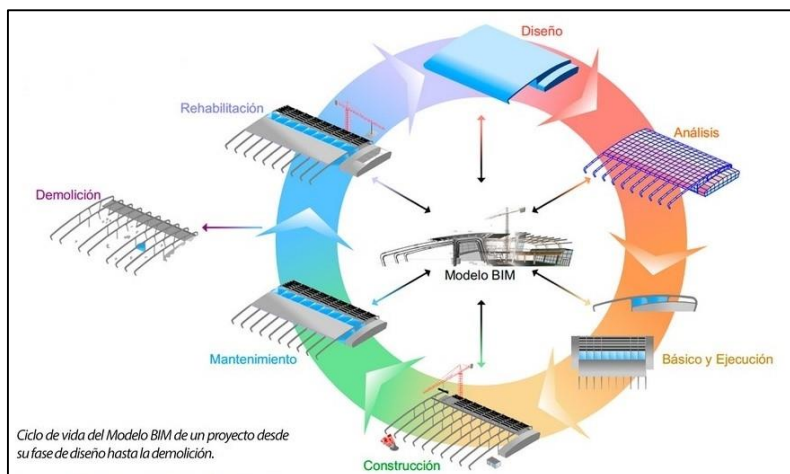


Figura 2.2. Ciclo de vida y fases BIM.

Fuente: Internet 10-12-2014

http://www.buildingsmart.es/images/bim_leaflet.jpg

2.4. Objetivos generales del BIM

Según la Guía UBIM (Guía de Usuarios BIM estándar) entre los objetivos generales del Modelo BIM deben estar los siguientes:

- Facilitar el soporte en la toma de decisiones del proyecto.
- Fomentar la implicación y el compromiso de todos los agentes con los objetivos del proyecto mediante el uso del BIM.
- Permitir la visualización de las soluciones de diseño.
- Asistir durante la fase de diseño y coordinar entre los distintos diseños.
- Aumentar y asegurar la calidad del proceso de construcción y del producto final.
- Optimizar la eficiencia en los procesos constructivos.
- Elevar la seguridad durante las fases de construcción y explotación.
- Proporcionar soporte a los análisis de costes del proyecto y del ciclo de vida del edificio.
- Permitir la gestión y la transferencia de datos del proyecto.

Esta guía de Usuarios BIM está adaptada del COBIM (Common BIM Requirements–Requisitos Comunes BIM, Finlandia 2012) a la realidad española incluyendo las normativas y estándares vigentes.

Como documento de referencia que detalla los requisitos básicos y los conceptos para el uso del BIM en proyectos de edificios se ha adjuntado al anexo digital y se procede a resumir, completar y destacar algunos aspectos de su parte general.

En sus capítulos se analiza en mayor profundidad como ha de hacerse el Modelado del estado actual del edificio y se especifica entre los diferentes diseños como el arquitectónico, el de instalaciones (MEP) y el diseño estructural.

Además cuenta con capítulos concretos para garantizar el mantenimiento de la calidad, el análisis energético así como sobre las mediciones en BIM y el uso de modelos en visualizaciones, análisis y durante la construcción.

Para conseguir alcanzar los resultados esperados es necesario una adecuada Gestión del proyecto BIM. Esto se logra a través de la figuras del gestor y coordinador BIM que entre otras cosas establecen, supervisan, coordinan y resuelven los posibles conflictos entre los diferentes agentes, pudiendo de esta forma controlar todo el proceso. Estos responsables deberán tener un amplio dominio y conocimiento de los requisitos del BIM.

En cada fase del proyecto se dispone de una serie de requisitos mínimos que afectan tanto al modelado como al contenido de información en el modelo. Además para cada caso en concreto pueden establecerse requisitos adicionales.

Los requisitos de un edificio o construcción son el conjunto de necesidades, prestaciones y características que se deben cumplir y satisfacer, que condicionan y determinan las soluciones finalmente adoptadas. Estos requisitos dependerán tanto del uso (presupuesto, necesidades espaciales y energéticas, preferencias...) como del lugar (emplazamiento, topografía, normativa, climatología...)

También se definirán los objetivos y prioridades en el uso del modelo reflejándose en un documento denominado BEP (BIM Execution Plan-Plan de Ejecución BIM).

Todo deberá quedar debidamente documentado en los contratos incluyendo cualquier modificación para que pueda ser ofertado y presupuestado correctamente. También hay que asignar las responsabilidades de los distintos agentes y se tienen que verificar los métodos empleados y resultados obtenidos.

2.5. Agentes participantes en BIM

Existen muchos agentes que pueden intervenir o participar en el proceso BIM. Estos agentes intervinientes o que tienen intereses en el proyecto también denominados “Stakeholders” se definirán a continuación teniendo en cuenta su función, relación y las ventajas que les aporta estas nuevas metodologías de trabajo.

- Primero están las figuras de los Propietarios, clientes o promotores (Client, Owner) que podemos definir como toda persona física o jurídica pública o privada, que de forma individual o colectiva, decide, promueve, programa o financia, con recursos propios o ajenos, los trabajos de diseño, edificación, rehabilitación y aprovechamiento de la construcción. Las obras de edificación, construcción o infraestructura resultantes pueden ser para sí misma o para su posterior enajenación, entrega o cesión a favor de terceros.
- Otra figura muy relacionada con lo anterior es la del Gestor de Propiedad o Facility Manager que es quién se encarga de la gestión de la edificación y sus servicios. Éstas van desde la adecuación de normativas, seguridad, eficiencia energética a limpieza de instalaciones, control de contratistas y similares tareas.

-
- Los arquitectos de diseño y ejecución o proyecto, junto con sus equipos serán los encargados de llevar a cabo las tareas arquitectónicas. Con el conocimiento BIM necesario podrán mejorar la eficiencia del diseño y de la ejecución mediante la generación de documentación automática, más precisa en mediciones, presupuestos y análisis de alternativas de diseño.
 - Los ingenieros de los distintos ámbitos (estructuras, instalaciones, topografía, etc...) podrán integrar toda la información en un modelo con la consiguiente detección temprana de conflictos y el aumento de su capacidad, precisión, calidad y rapidez en el diseño y gestión de materiales, elementos y componentes. Para las instalaciones se emplea a veces el término MEP (Mechanical Electrical and Plumbing services-Servicios mecánicos, eléctricos y de fontanería o conductos)
 - Los constructores, contratistas y subcontratistas serán los encargados de llevar a cabo con medios propios o impropios la ejecución del trabajo, obra o parte asignada en los términos y condiciones para las que fueron contratados.
 - Los fabricantes o industria serán los encargados de proveer de los materiales y elementos necesarios para la ejecución de la obra. Disponen de catálogos de productos con la información de características técnicas como resistencia al fuego, normativas, eficiencia energética, térmica, acústica, etc... que permitirán la fluidez en las pruebas y simulaciones.

El valor para todos estos agentes reside en que, como consecuencia del conocimiento real del diseño y de la integración multidisciplinar de la información se producirán menos errores, modificaciones y conflictos en el desarrollo del proyecto. Con ello se proporciona un aumento de la eficiencia en las fases de diseño, análisis y ejecución que reduce los costes y optimiza los recursos lo que repercute en un aumento de los beneficios sociales y económicos.

Además como la información se genera en un único formato común para todos los agentes implicados, su aprovechamiento será mayor que en los métodos más tradicionales, puesto que estará disponible y accesible según nos sea necesario.

Estos agentes, pero también personas, profesionales y equipos distintos a los que realicen las tareas anteriores podrán desempeñar roles o funciones tales como la de Projectista, Diseñador, Consultor, Gestor del Proyecto (Project Manager), etc... y otras específicas del BIM como:

- Gestores BIM (BIM Manager) encargado de gestionar todo el proyecto BIM y responsable de que el modelo combinado de todas las disciplinas sea coherente y se ajuste a los requisitos exigidos.
- Coordinadores BIM (BIM coordinator) que se encarga de la correcta coordinación entre los agentes para que el flujo de información, trabajo, resultados sea el esperado. En ocasiones asume o colabora con algunas funciones del Gestor BIM.
- Modelador BIM (BIM modeller) que como especialista en la confección de modelos será el encargado último del correcto modelado del BIM.

De este modo el arquitecto, ingeniero, constructor, etc... especialista en BIM será un arquitecto BIM o (BIM architect), el ingeniero será un ingeniero BIM o (BIM engineer).

En el ámbito de un proyecto BIM en colaboración, es prácticamente imprescindible mantener reuniones periódicas para que todos los interesados puedan desarrollar su trabajo de forma coordinada y coherente con el resto del equipo. En la reunión inicial el BIM manager suele definir el Plan de Ejecución BIM (BEP, BIM Execution Plan).



Figura 2.3. Agentes BIM.

Fuente: Internet 08-01-2015

<http://www.animum3d.com/productos/master-bim-autodesk-revit?tab=el-master>

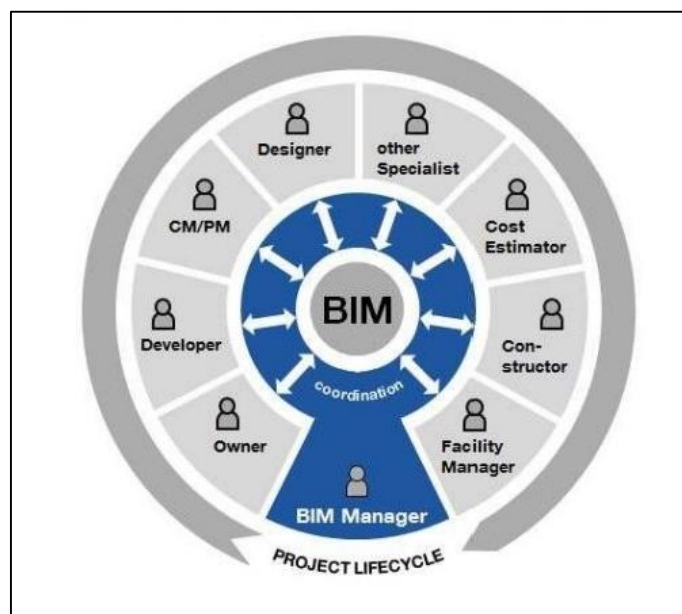


Figura 2.4. Relación agentes con BIM Manager.

Fuente: Internet 08-01-2015

<http://www.intromac.com/wp-content/uploads/2014/11/programa-BIM.pdf>

2.6. Software

La información procederá de diferente software (Allplan, Archicad, Revit Architecture, CYPECAD, Office, software propio específico...), formatos de archivos (dxf, dwg, jpg, pcx, pdf, doc, xls, txt...) y sucesivas versiones.

Los métodos de intercambio de información, periodicidad de las reuniones, plazos de disponibilidad y entrega así como las actualizaciones serán consensuadas entre los agentes intervinientes. Los intercambios de información y la regularidad de las reuniones son mayores que en los métodos clásicos dado el potencial y grado de interoperabilidad entre agentes y software.

Toda la información procedente de los distintos programas, originales o nativos, se integrará en un archivo común o estándar que será el empleado en los intercambios y que contendrá de forma correcta y exacta los datos de las diferentes disciplinas.

Por tanto se tiene que especificar el software que se va a utilizar, comprobando que sea compatible y que permita exportar al formato de archivo estándar que haya sido anteriormente prefijado en los documentos de licitación. Cualquier cambio permitido tendrá que ser acordado, verificado y documentado.

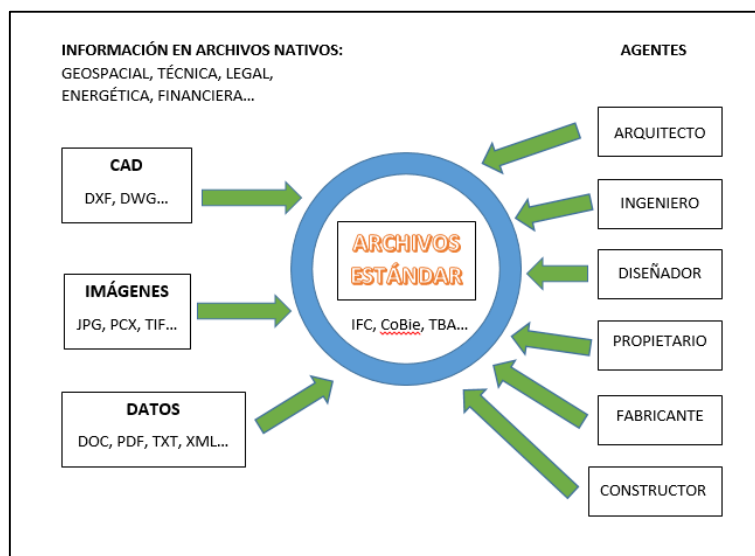


Figura 2.5. Relación archivos y agentes BIM.

Fuente: Elaboración Propia 09-01-2015

Archivo Estándar

El formato de archivo estándar es aquel que permite el acceso, edición e intercambio de información geométrica y alfanumérica entre los distintos programas y operadores intervinientes.

Mediante una estructura reglada define clases, familias y objetos del modelo transmitiendo la funcionalidad y propiedades según convenga. Con estos estándares se evita la pérdida o infrutilización de datos al pasar de un programa a otro, además de mejorar la exactitud y eficiencia de los procesos.

Existen distintos estándares según los países o instituciones que los hayan creado, así como por su alcance, finalidad y uso. Por conveniencia y utilización en nuestro entorno más próximo resaltaremos el formato estándar IFC.

El formato IFC (Industry Foundation Classes) es un formato de datos de especificación abierta y libre desarrollado por IAI (International Alliance for Interoperability) precursora de Building Smart para procurar la correcta interoperabilidad BIM entre los programas del sector de la construcción. Están orientados a la interacción y colaboración entre los agentes con el propósito de alcanzar nuevos niveles en reducción de plazos de ejecución y costes.

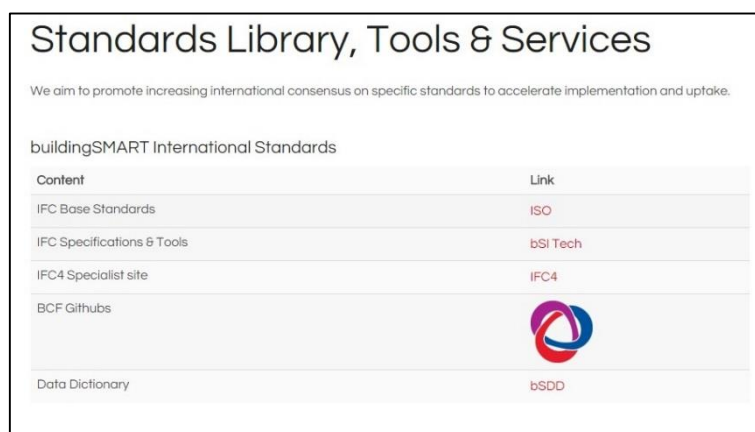
En el formato IFC se integran todos los datos geométricos y alfanuméricos, según una estructura definida de clases y objetos. Este conjunto de alrededor de 600 clases, que continúa ampliándose da soporte a la exportación de la funcionalidad y propiedades de los objetos entre los distintos programas.

Los datos concernientes al modelo son definidos, por cada agente responsable de esa área, según el estándar y compartidos por el resto de intervinientes, manteniéndose consistente de este modo la información.

Por ejemplo para los proyectos de promoción pública suele usarse cualquier software que tenga una certificación mínima para IFC 2x3, es decir todos los datos del modelo tienen que poder exportarse a ese tipo de archivo.

Hay que tener en cuenta que el software BIM usado para el cálculo de estructuras o instalaciones mediante modelos analíticos suele ser muy sensible a los cambios de versión y obligan a iniciar una fase de pruebas para validar el cambio, verificando que el proceso sea correcto y exacto.

Las empresas y clientes pueden utilizar o desarrollar software específico y propio por lo que el uso de formatos de ficheros sin la certificación IFC o similar debe ser adoptada por el director del proyecto.




We aim to promote increasing international consensus on specific standards to accelerate implementation and uptake.	
buildingSMART International Standards	
Content	Link
IFC Base Standards	ISO
IFC Specifications & Tools	bSI Tech
IFC4 Specialist site	IFC4
BCF Githubs	
Data Dictionary	bSDD

Figura 2.6. Estándares BIM de Building Smart.

Fuente: Internet 07-01-2014

<http://www.buildingsmart.org/standards/standards-library-tools-services/>

Además de IFC, hay otro tipo de estándares BIM ya desarrollados según su función:

- El IFD o Information Framework Dictionary (Diccionario Marco de Información) es un estándar centrado en los datos empleados en los procesos constructivos. Permite la

comunicación entre los programas y las bases de datos. El IFD es básicamente una serie de productos o elementos nombrados de una manera específica y concreta (vocabulario). El vocabulario está formado por un conjunto de datos común a las distintas disciplinas que intervienen en el proceso de construcción.

Está basado en estándares ISO (Organización Internacional de Normalización) que permiten integrar y compartir información desde diversas fuentes y el control de los procesos de diseño y análisis a lo largo de las fases del proyecto.

En la actualidad el diccionario en castellano no está desarrollado, lo que impide su conveniente implementación en IFC como herramienta del proceso BIM.

- El IDM o Information Delivery Manual (Manual de Entrega de Información) es un estándar referente a los procesos. En él se detalla cuando debe estar disponible la información en cada parte del proceso y qué es lo que debe entregar cada usuario (arquitecto, ingeniero, diseñador de interiores, contratista, etc...)

La información está organizada por tipo de actividad debido a que los procesos de estimación de costes, volúmenes de materiales o agenda de trabajo, por ejemplo, están estrechamente relacionados.

De esta forma se produce un conocimiento y entendimiento entre las partes implicadas. Todos saben cuándo hay que intercambiar la información y qué es lo que exactamente se precisa para continuar desarrollando el trabajo.

- Además existen otros como el BCF (BIM Collaboration Format-Formato de colaboración BIM) que sirve para mejorar la comunicación entre herramientas BIM o el MVD (Model View Definition-Definición de Vista del Modelo) que se utiliza para implementar todos los conceptos IFC (clase, atributos, relaciones, propiedades, definiciones de cantidad, etc...) mediante la definición de un subconjunto de datos dentro del modelo de datos IFC y cumplir de esta forma los requisitos en el intercambio de información.

bSI Relationship	Publisher	Content	Link
buildingSMART National Standards	USA	US CoBie Version 2.26	NIBS
buildingSMART National Standards	USA	US HVCAie	bSA
buildingSMART National Standards	USA	US SPARKie	bSA
buildingSMART National Standards	USA	US WSie	bSA
buildingSMART National Standards	Norway	TBA	TBA
buildingSMART National Standards	Korea	TBA	TBA
IFC Based	UK Government	CoBie Level 2	UK Task Force
IFC Based	UK Government	PAS 1192-2:2013	British Standards
IFC Based	UK Government	PAS 1192-3:2014	British Standards
IFC Based	UK Government	PAS 1192-4:2014	British Standards
IFC Based	Auckland University	Content Models	Auckland University
IFC Based	Pankow Foundation	US BIM Standard for Precast Concrete	Pankow Foundation
IFC Based	Pankow Foundation	US Owner's Guide to BIM	Pankow Foundation

Figura 2.7. Relación internacional de estándares BIM publicada por Building Smart.

Fuente: Internet 07-01-2014

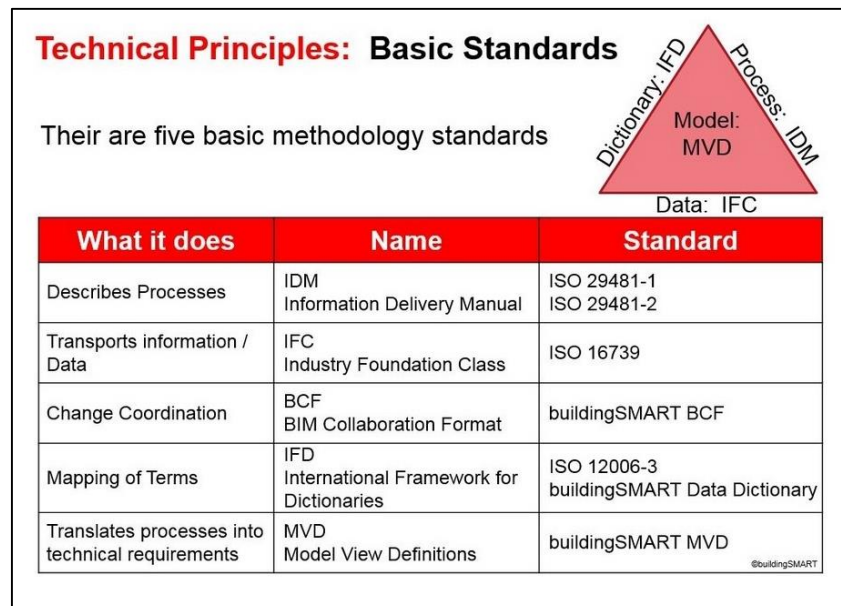
<http://www.buildingsmart.org/standards/standards-library-tools-services/>

Figura 2.8. Estándares Básicos BIM.

Fuente: Internet 07-01-2014

<http://www.buildingsmart.org/standards/technical-vision/open-standards-101/>

2.7. Nivel de desarrollo

El nivel de desarrollo indica el grado de madurez del proyecto. Es decir qué precisión y contenido tiene la información aportada por el modelo. Este nivel lógicamente será creciente a lo largo de las distintas fases y del ciclo de vida de la construcción según vayamos agregando, precisando y definiendo el modelo.

Para determinar el grado de desarrollo o definición de un modelo se utilizan principalmente dos sistemas:

- El primero es el proporcionado por la AIA (American Institute of Architects–Instituto Americano de Arquitectos) y adoptado por el BIM Forum (Asociación Americana de Entidades que promueven el BIM). Esta asociación de arquitectos de los Estados Unidos clasifica el nivel hasta el que debe desarrollarse el modelo mediante una escala, denominada LOD (Level Of Development–Nivel de desarrollo) y que cuenta con cinco niveles que van desde el 100 al 500.
- El segundo es el desarrollado por el COBIM finlandés a través de distintos tipos de modelo (espacial, constructivo, etc...) según la fase del trabajo en la que nos encontremos.

De esta forma se establecen claramente los requisitos de contenido, precisión y grado de desarrollo tanto del modelado como de la información, lo que proporciona la fiabilidad necesaria en cada momento. Teniendo en cuenta lo anterior describiremos brevemente los niveles más ampliamente utilizados en el entorno BIM y la equivalencia entre ellos.

2.6.1 LOD (Level Of Development–Nivel de Desarrollo)

- LOD 100. Es el nivel de desarrollo más bajo del modelo BIM, se genera para las fases iniciales, como estudios previos o anteproyectos, y permite valorar alternativas en sus aspectos espaciales, formales o de otro tipo. Su alcance o fiabilidad del modelo queda limitado a la volumetría exterior más básica.
- LOD 200. En este nivel se define la volumetría básica exterior e interior del edificio y sus usos. Posibilita la extracción y verificación de parámetros urbanísticos, superficies útiles y construidas. Este es el nivel que se suele emplear en España para realizar el proyecto básico.

La posición de los objetos arquitectónicos suele quedar determinada, pero no sus dimensiones, ya que en esta fase suelen ser aproximadas.

- LOD 300. Se corresponde con el nivel en el que la parte arquitectónica del edificio queda completamente definida. Tanto las dimensiones como la posición de cada objeto arquitectónico son ya las definitivas. Ahora pueden sacarse mediciones con mayor precisión.
- LOD 400. Con este nivel de desarrollo se introduce la información adicional procedente de otras disciplinas distintas a la arquitectura, como las instalaciones, estructuras, materiales, programas de coordinación, ejecución y similares. Se corresponde con el proyecto de ejecución. Dado que todo el proyecto queda perfectamente definido, puede servir ya para iniciar licitaciones y obtener ofertas de constructores e industriales de cara a la construcción.
- LOD 500. Es el último nivel de desarrollo del modelo BIM. Se obtiene durante la construcción y una vez construido el edificio. En él se reflejan todos los cambios y modificaciones sobre el nivel LOD 400 que se han ejecutado realmente en obra. Se utiliza principalmente para gestionar el edificio y documentar operaciones de mantenimiento. Incluye las instalaciones ocultas (instalaciones o sistemas que al finalizar el proceso constructivo no quedarán visibles ni registrables).

2.6.2 Tipos de Modelo COBIM

- Modelo BIM espacial o (BIM Spatial model). Es el nivel de desarrollo del modelo BIM que se correspondería con el nivel LOD 200 del AIA. Contempla por tanto la volumetría básica del edificio y los espacios.
- Modelo BIM constructivo o (BIM detailed model). Es el equivalente al nivel LOD 300. Posee un grado de definición arquitectónica completa y precisa.
- Modelo BIM "As Built". Este nivel, establecido por el COBIM Finlandés, es aproximadamente el equivalente al nivel LOD 500. Contiene la definición completa del edificio construido, incorporando todas las modificaciones sobre el proyecto que se han ejecutado en la obra.

Además existen otros tipos o formas de definición de los modelos que por su importancia y utilización pasamos a destacar:

- **Modelo de trabajo o (Work model)** Se conoce así al modelo que aún no ha alcanzado el grado de madurez o desarrollo suficiente para ser liberado o publicado y en el que se sigue trabajando.
- **Modelo de emplazamiento o (Site model).** Es la representación geométrica y tridimensional del emplazamiento de un edificio. Debe incluir topografía, linderos, hitos, edificios cercanos...
- **Modelo de arquitectura o (Architectural model).** Es la parte del modelo BIM desarrollada por el arquitecto y que sirve de estructura básica para todo el proyecto.
- **Modelo de estructura o (Structural model).** Llamada así a la parte del modelo BIM que comprende el modelo detallado de la estructura del edificio.
- **Modelo MEP (Mechanical Electrical and Plumbing–Modelo de instalaciones y sistemas).** Es la parte del modelo BIM que contiene el modelo detallado de las instalaciones y sistemas propios del edificio.
- **Modelo combinado o de coordinación (Merged model).** Es el modelo único que se obtiene con la superposición de los modelos de arquitectura, estructuras e instalaciones. Con este modelo se detectan los conflictos existentes, lo que permite resolverlos antes de la fase constructiva.
- **Modelo de estado actual o de inventario (Inventory model).** Se conoce con este nombre al modelo BIM que representa un edificio construido en un momento dado.
- **Modelo BIM de mantenimiento (Operation BIM Model).** Se denomina así al modelo BIM que representa un edificio construido. Se emplea en las operaciones de mantenimiento y gestión de la construcción.

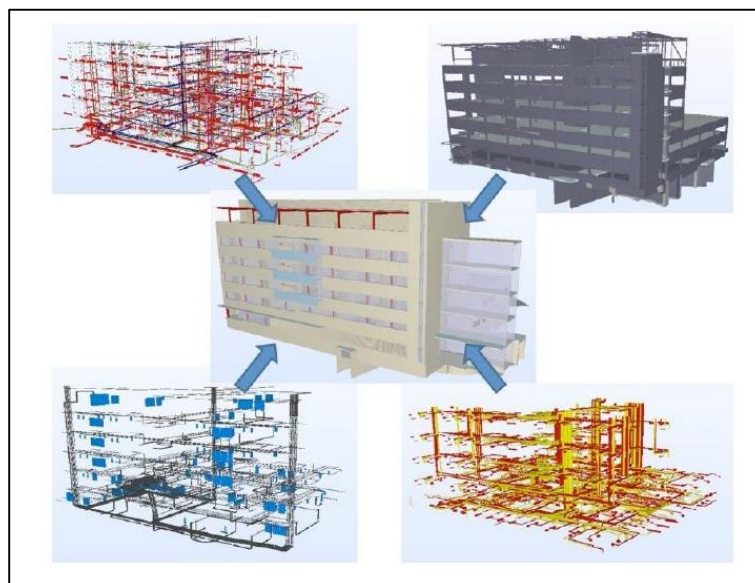


Figura 2.9. Fusión de los modelos y archivos BIM.
Fuente: Guía UBIM. Aseguramiento de la Calidad. 13-01-2014

2.8. Sistemas de coordenadas y unidades

La base del sistema de coordenadas se sitúa de forma general en el cuadrante positivo XY o cuadrante Norte-Este. El origen debe colocarse próximo al área de dibujo y habitualmente es establecido por el arquitecto dentro del BEP (BIM Execution Plan-Plan de Ejecución BIM).

No suelen usarse coordenadas XY negativas, tanto por comodidad como para minimizar los posibles errores humanos, si bien técnicamente es factible. Tampoco es recomendable emplear referencias municipales o estatales debido a que la lejanía del punto base respecto al área de modelado puede provocar conflictos con diversos programas de diseño.

Cuando aún no se ha establecido la ubicación o el emplazamiento definitivo del edificio puede determinarse el origen respecto a los ejes o rejillas principales, pero deberá documentarse la posición en coordenadas geográficas.

El punto base del proyecto se referenciará respecto a dos puntos conocidos, cuyas coordenadas se mostrarán en los sistemas de coordenadas inicial y final. Si se emplea un solo punto y una orientación han de evaluarse debidamente los errores angulares en grandes distancias y sus efectos en la fase constructiva.

Se recomienda emplear el proceso de transformación Helmert para la transformación entre sistemas de coordenadas universal y local.

La coordenada Z del modelo BIM coincide con la elevación o altura actual del edificio. Para la unidad de medida en BIM se emplean los metros y los ángulos se documentarán siempre con dos decimales.

Los modelos de las construcciones estarán en un único sistema de coordenadas y las alturas de cada edificio quedarán referenciadas en coordenadas absolutas al sistema de coordenadas inicial, salvo que se adopte otra opción más conveniente.

El modelo de emplazamiento, es decir aquel que incluye entre otras cosas la topografía, entorno, vegetación, viales e infraestructuras, utilizará el mismo sistema de coordenadas que las construcciones, excepto cuando no convenga, por intervenir grandes infraestructuras en los proyectos.

La determinación del origen de coordenadas, de la orientación (Norte, XYZ) y del sistema de unidades debe ser acordada y documentada al principio del proyecto dentro del BEP. Tiene que ser coherente y válida para todos los modelos. Una vez establecido no podrá modificarse sin una causa debidamente justificada, para lo que será necesario la aprobación de las partes implicadas y del director del proyecto.

Una vez que el sistema de coordenadas haya sido establecido, tanto el modelo de estado actual como las referencias de nubes de puntos deberán transformarse a este sistema, siendo conveniente que sea el mismo para el modelo actual y los modelos de diseño.

La compatibilidad del sistema deberá ser comprobada por el Gestor del Proyecto BIM (BIM Manager). Con esta finalidad se elaboran modelos sencillos que incluyan todas las disciplinas implicadas (arquitectura, MEP...) para su correcta evaluación. Durante los procesos de modelado es necesario corroborar, que en todo momento, la posición XY y la orientación de las representaciones o planos 2D es la correcta.

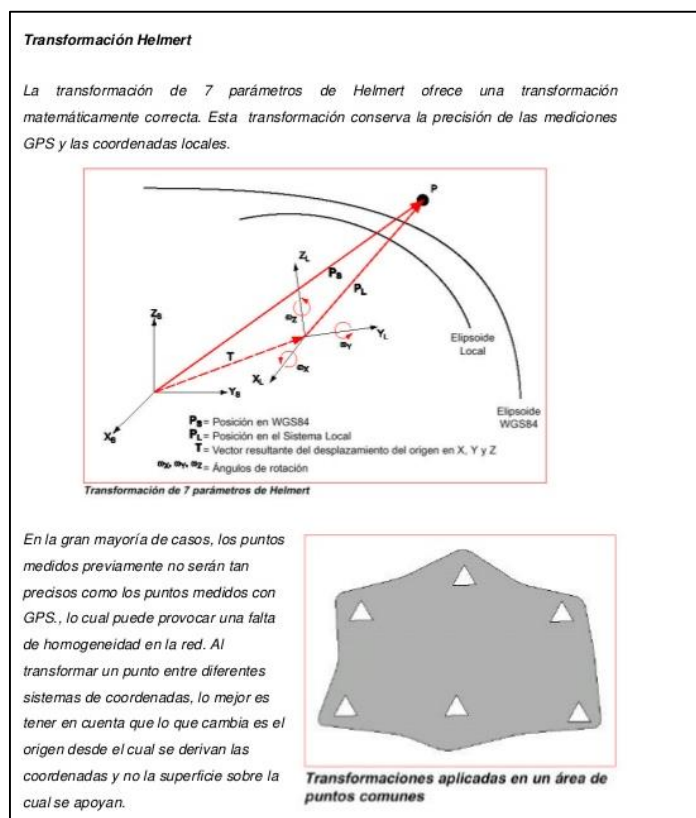


Figura 2.10. Transformación Helmert. Fundamentos del sistema GPS y aplicaciones en la Topografía.

(Javier Peñafiel-Jorge Zayas)

Colegio de Ingenieros Técnicos en Topografía (Delegación Castilla La Mancha-Madrid, Madrid 2001)

Fuente: Internet 13-01-2014

<http://es.slideshare.net/cerz2005/fundamentos-del-sistema-gps>

2.9. Información y parametrización

Los objetos o elementos concretos (muro, puerta, viga, habitación, tubería calefacción, etc...) son los que conforman los distintos modelos BIM. Mediante el identificador único global o GUID (Global Unique Identifier), que es la secuencia alfanumérica específica de cada objeto, se identifica cada elemento en todos los modelos y software BIM.

Estos elementos se agrupan en familias (puerta simple, puerta emergencias...) que contienen unas reglas, datos de parametrización comunes.

La información en los modelos se organiza teniendo en cuenta la tipología constructiva o función, según dos categorías:

- Categorías de anotación o referencia que comprenden los elementos que sirven para la definición del edificio como (cotas, niveles, ejes, superficies, etc...).

- Categorías de modelo que engloban los objetos reales del modelo que conforman su geometría (muros, suelos, cubiertas, ventanas, etc...)

Todo esto permite crear y modificar los parámetros que determinan las propiedades o características de cada objeto (parámetro de elemento) o de las distintas familias o grupos de elementos (parámetro de tipo) de una forma ágil y eficaz.

Por ejemplo es posible asignar un parámetro de tiempo para la ejecución y construcción de los diferentes elementos, lo que permite programar la construcción y simular el estado que tendría en un momento dado.

2.10. Mediciones, precisión y visualización

La precisión del modelo corresponderá a cada agente interviniente, cuya responsabilidad quedará documentada y determinada en los contratos. Lógicamente el grado de precisión dependerá de la fase del trabajo en la que nos encontremos y por tanto tiene que ser consecuente y adecuada a los objetivos y funciones requeridas.

Es tarea del Gestor BIM y/o del coordinador BIM controlar, supervisar y verificar que:

- La precisión, contenido de la información de los modelos de cada interviniente es el correcto durante todo el proceso.
- Existe la coherencia debida entre los distintos modelos.
- La información está disponible y es conocida por todos los implicados.
- Se cumplen los plazos y se obtienen los resultados requeridos, asegurando la calidad.

De esta forma se podrán extraer u obtener mediciones, cálculos, visualizaciones y todo tipo de información (cantidades, características, propiedades, legislación, normativa...) de los modelos con la seguridad necesaria, tanto de los archivos originales o nativos como de los archivos estándar o IFC.

Las visualizaciones o render, que son las representaciones por ordenador de una parte o de una vista del modelo, pueden ser estáticas (fotograma) o dinámicas (video) y contar con un recorrido fijo o interactivo.

Su utilización es variable durante las fases del proyecto y pueden servir a diferentes agentes desde los clientes, diseñadores, arquitectos a constructores, instaladores o gestores. Algunos posibles usos son:

- Visualizaciones en las etapas de diseño de aspecto, eficiencia energética, costes.
- Evaluación y detección de choques o conflictos entre elementos.
- Detalle de objetos en las fases de construcción, instalación o mantenimiento incluyendo incluso instalaciones ocultas.
- Pueden mostrar el aspecto final de un edificio aplicando texturas de materiales, sistemas de iluminación, elementos de la industria (suelos, lavabos, mesas, etc...)

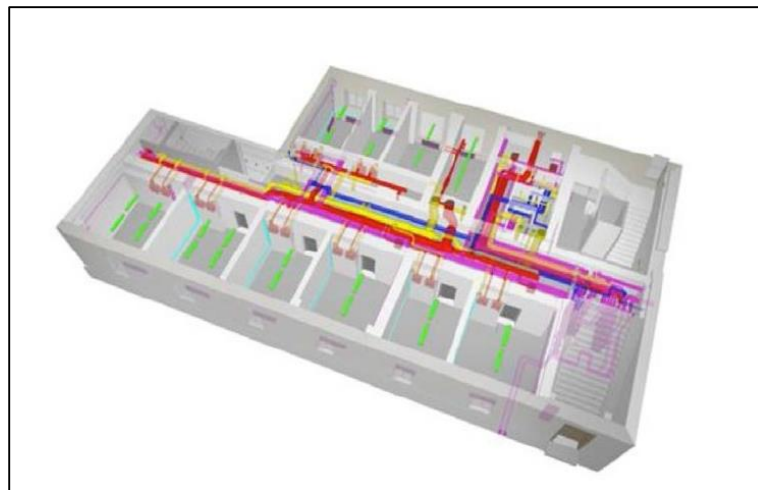


Figura 2.11. Visualización del sistema de climatización y ventilación en modelo combinado BIM.
Fuente: Guía UBIM. Visualización. 13-01-2014

2.11. Liberación del Modelo

Durante el proceso los modelos serán distribuidos y liberados en formato IFC o similar según se haya acordado. En determinadas ocasiones puede demandarse también los archivos en formato nativo, como información adicional y apoyo en los trabajos.

Los ficheros podrán comprimirse sin pérdida de información mediante los adecuados programas de compresión y optimización. Esto resulta útil para el intercambio y uso de la información, especialmente en proyectos de gran envergadura.

La última fase de un proyecto se corresponde con la entrega de los diseños y archivos electrónicos que lo componen, tanto en formato nativo u original como en formato IFC. Los modelos BIM liberados y entregados al cliente tendrán el mismo grado de responsabilidad, podrán usarse en similares condiciones a las de los métodos tradicionales.

Cada tipo de modelo debe contener únicamente aquellos elementos propios creados en su ámbito, antes de proceder a la liberación. Por tanto deberá eliminarse toda la información no relevante así como los modelos procedentes de otras disciplinas que se encuentren enlazados.

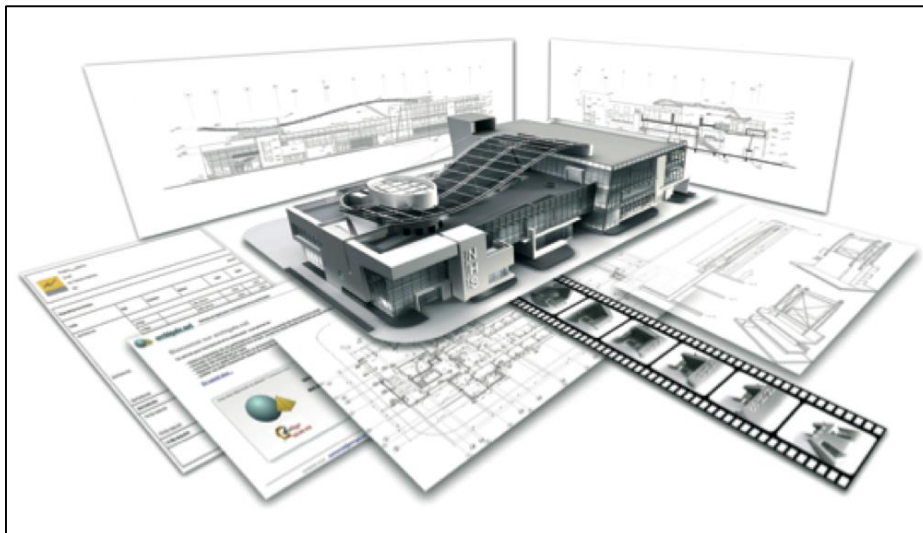


Figura 2.12. Documentación e información en el Modelo BIM.

Fuente: Internet. 26-01-2014

<http://www.miltonchanes.com/2014/04/bim-el-futuro-de-la-arquitectura.html>

3. Modelo 3D

3.1 Tratamiento preliminar de ficheros

Como ya se ha expuesto anteriormente, el trabajo se realiza sobre un cementerio. Éste cuenta con más de un centenar de enterramientos o tumbas dispuestas alrededor de los dos grupos principales sobre los que se procederá a levantar las torres-tumba de nueva construcción.

El Grupo 1 lo conforman las tumbas 001, 002 y 003 y el Grupo 2 las tumbas 012, 013 y 014.

El aspecto de la excavación en el año 2013 era el siguiente:



Figura 3.1. Ortofoto Mleiha Zona 5 año 2013
Fuente: Propia

El fichero de partida está en formato dwg (Autocad) bajo el nombre de Plano MLEIHA 5 (2013).dwg. Este fichero pertenece al trabajo realizado en 2013 por Guillermo Navarro Meco en su Proyecto Fin de Carrera LEVANTAMIENTO A ESCALA 1/200 DEL YACIMIENTO ARQUEOLÓGICO DE MLEIHA ZONA 5 (E.A.U.) presentado en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Técnicos en Topografía, Geodesia y Cartografía de la Universidad Politécnica de Madrid en Julio 2013.

La información está estructurada en niveles o capas (topografía, tumbas, postes, arboles, etc...) y además contiene las zonas contiguas a la excavación por lo que procederemos a eliminar toda la información no relevante. De esta forma podemos obtener la información de zona requerida teniendo en cuenta el límite de excavación y la zona más próxima de su entorno.

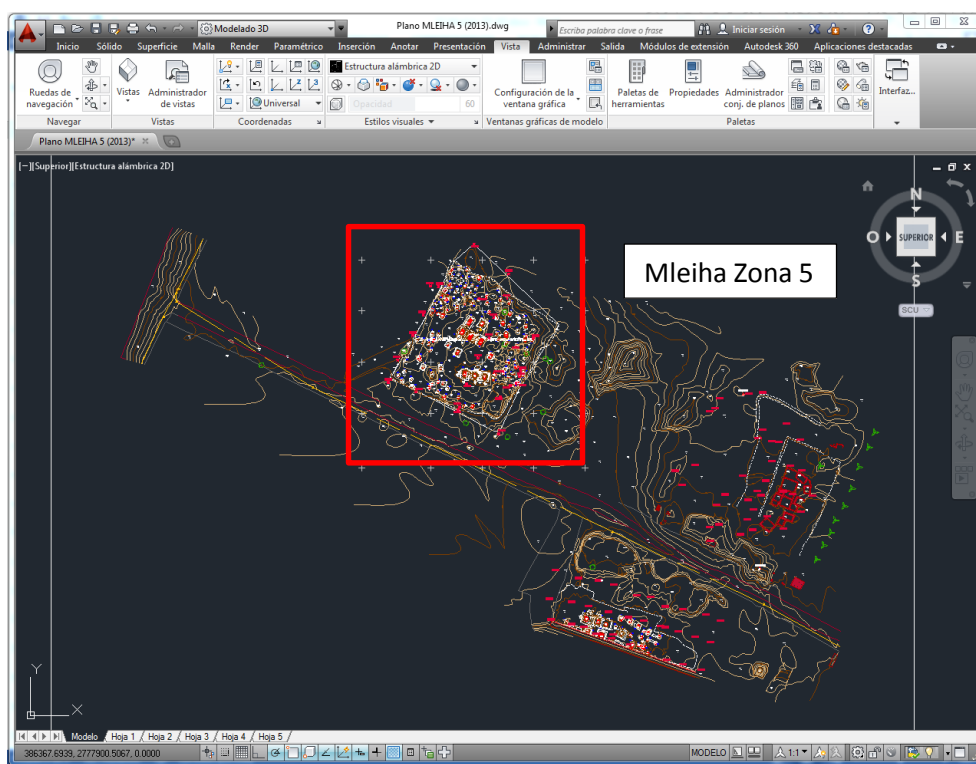


Figura 3.2. Fichero Plano Mleiha 5 (2013)
Fuente: Propia. Autodesk Autocad 2014.

Además disponemos también del fichero llamado MLH5 v4.dwg con las líneas de contorno obtenidas a partir de las nuevas tumbas-torre construidas. Están en la capa llamada tumba con torre y se corresponden con los dos grupos de tumbas principales. Por tanto se procede a incorporar la información contenida en dicha capa al fichero Plano MLEIHA 5 (2013).

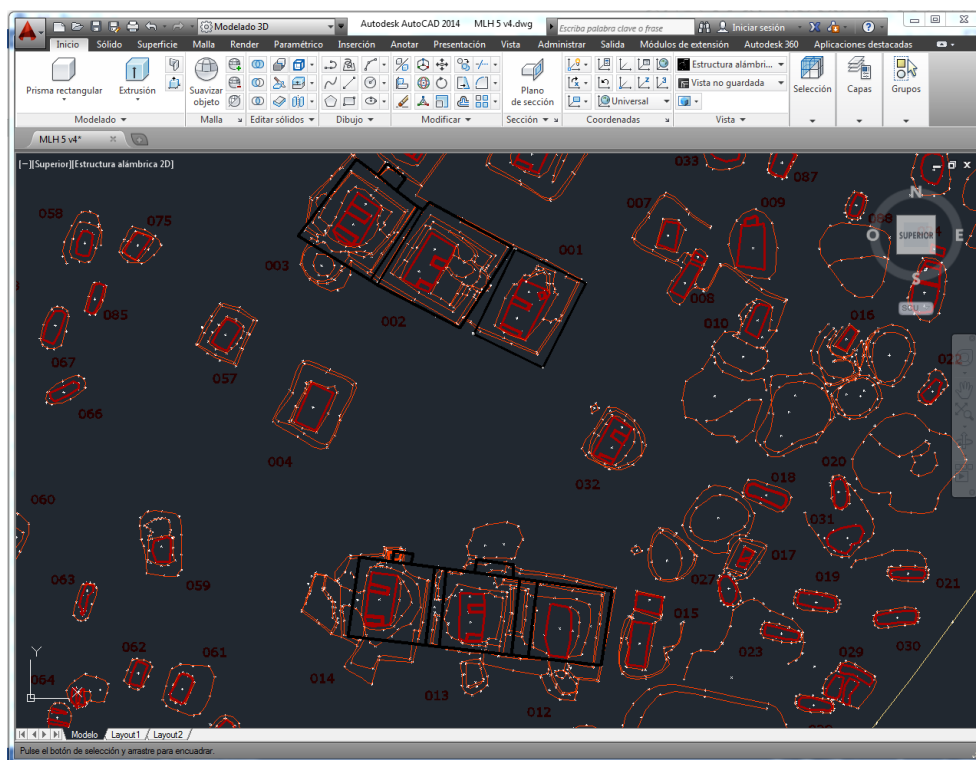


Figura 3.3. Fichero MLH5 v4.dwg que contiene las líneas de las Tumbas-Torres construidas en 2014.
Fuente: Propia. Autodesk Autocad 2014.

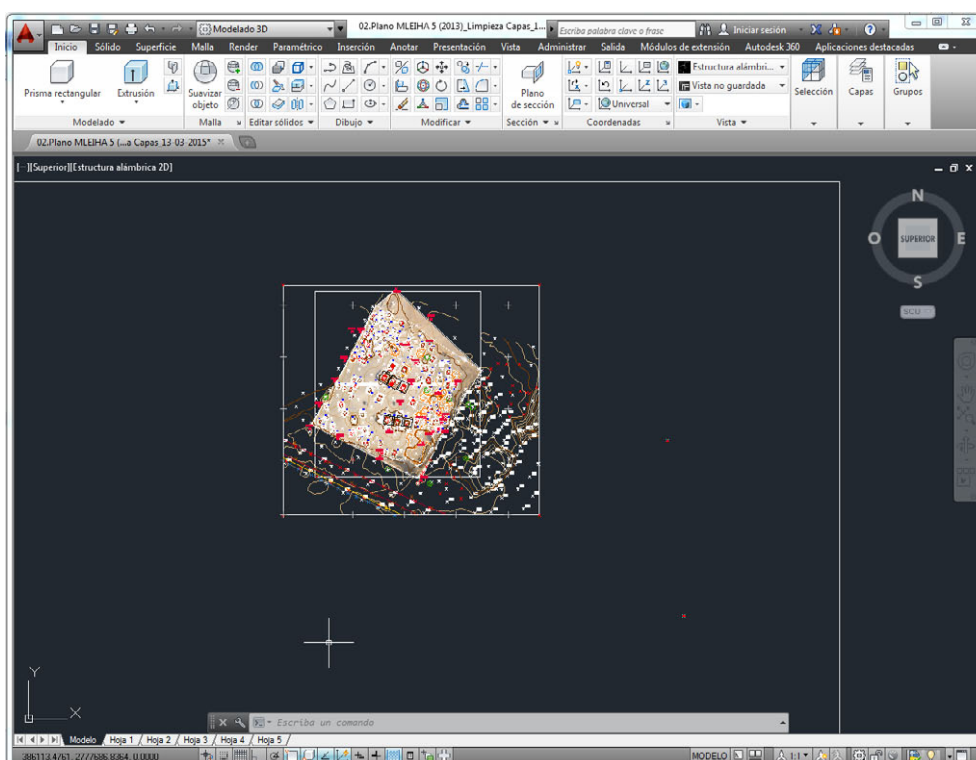


Figura 3.4. Fichero Plano MLEIHA 5 (2013) Final.
Con capa Tumba con torre y limpia de capas e información no relevante.
Fuente: Propia. Autodesk Autocad 2014.

3.2 Importación desde SketchUp

Para el modelado en 3D se utilizará el programa SketchUp Pro 2015 como ejemplo de los múltiples programas de modelado en 3 dimensiones existentes en el mercado. Se importa el archivo anterior desde este programa, seleccionando primero la plantilla adecuada.

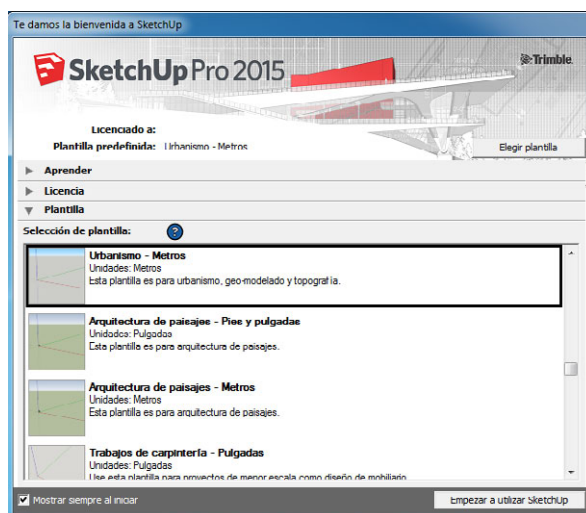


Figura 3.5. Plantilla Urbanismo, geo-modelado y para topografía. Unidades en metros.

Fuente: Propia. SketchUp Pro 2015.

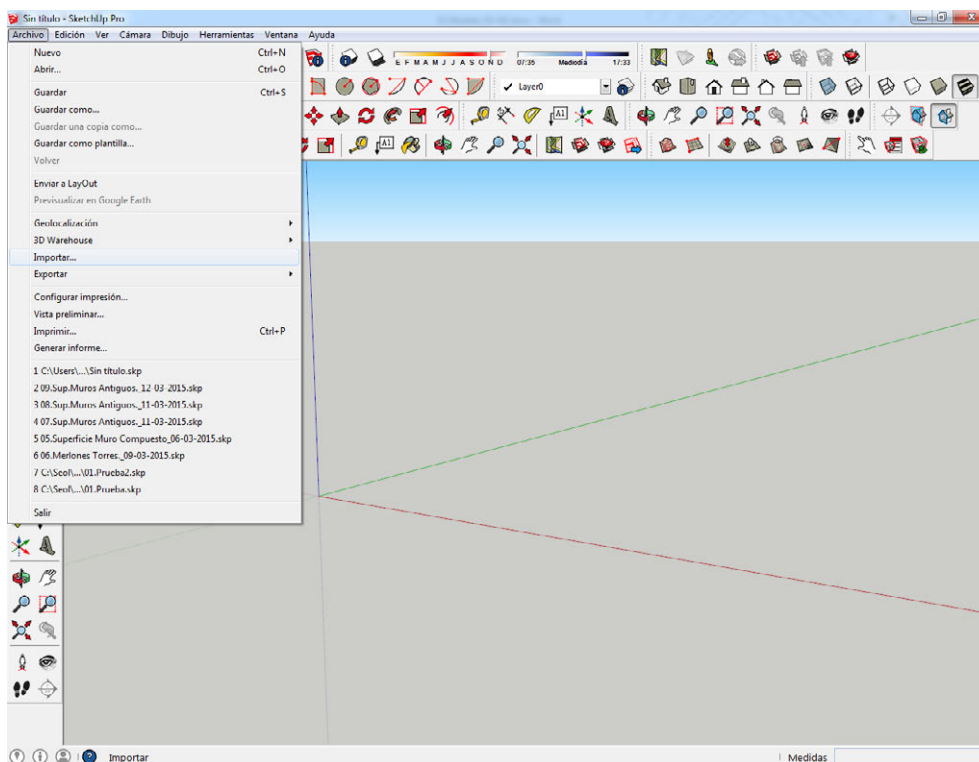


Figura 3.6. Importación Fichero Plano Mleiha 5 (2013)_Final (Autocad) a SketchUp Pro 2015.

Fuente: Propia. SketchUp Pro 2015.

Seleccionamos el archivo y el tipo de formato a importar. En este caso será Plano MLEIHA 5 (2013).dwg_Final y el tipo de formato Autocad.

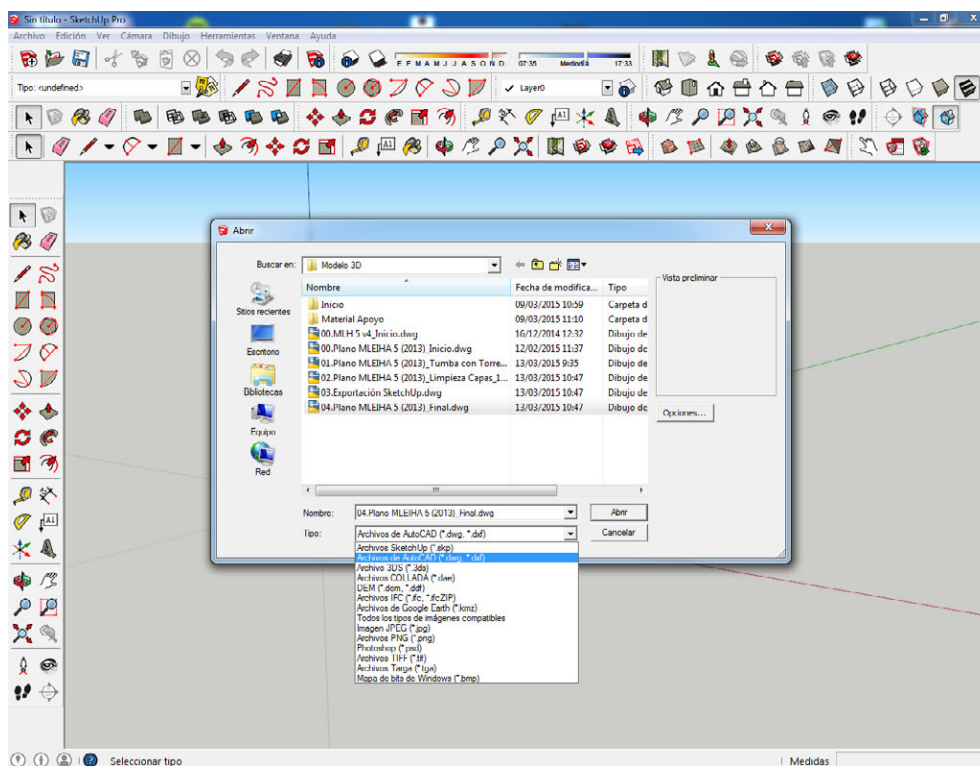


Figura 3.7. Selección Fichero Plano Mleiha 5 (2013)_Final (Autocad) y tipo. Importación a SketchUp Pro 2015.
Fuente: Propia. SketchUp Pro 2015.

Una vez hecho esto, se obtienen los siguientes resultados de importación:

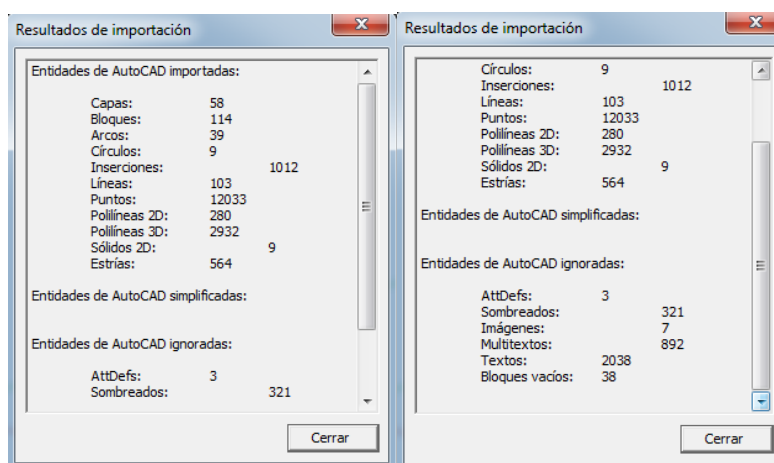


Figura 3.8. Resultados Importación Fichero Plano Mleiha 5 (2013)_Final.
Fuente: Propia. SketchUp Pro 2015.

Posteriormente se comprueba que la información se ha importado correctamente, en sus diversas capas y elementos. Como último paso se desechan las capas que no se van a emplear en

el modelado 3D y se revisa la topografía, corrigiendo los posibles errores.

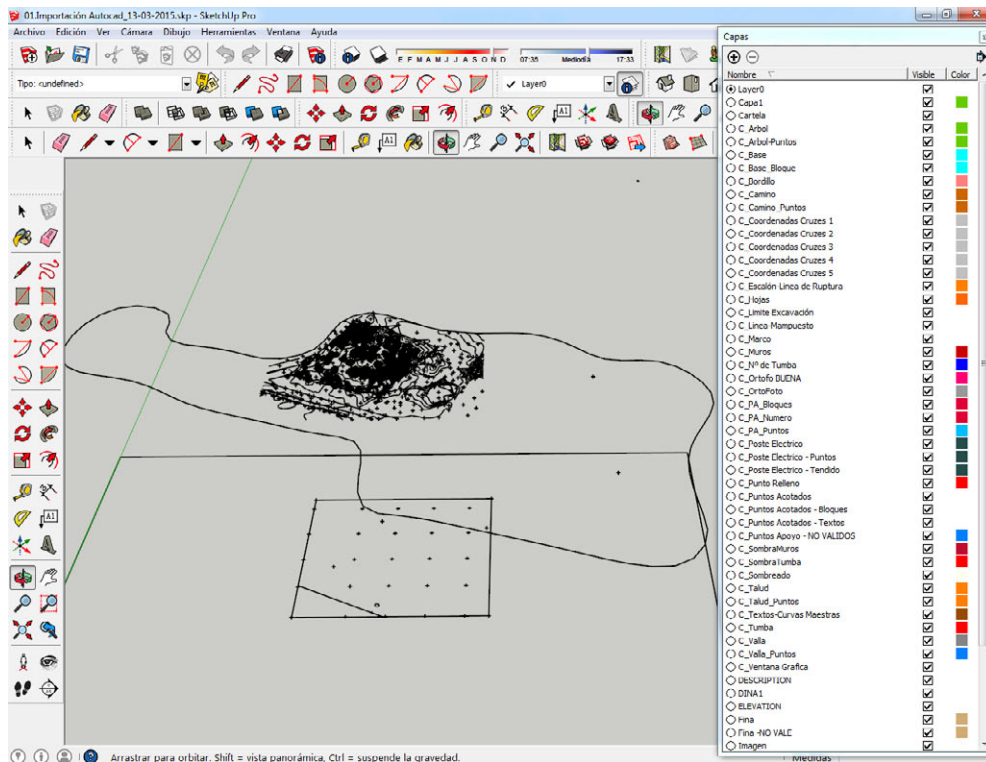


Figura 3.9. Comprobación resultados Importación Fichero Plano Mleiha 5 (2013)_Final.
Fuente: Propia. SketchUp Pro 2015.

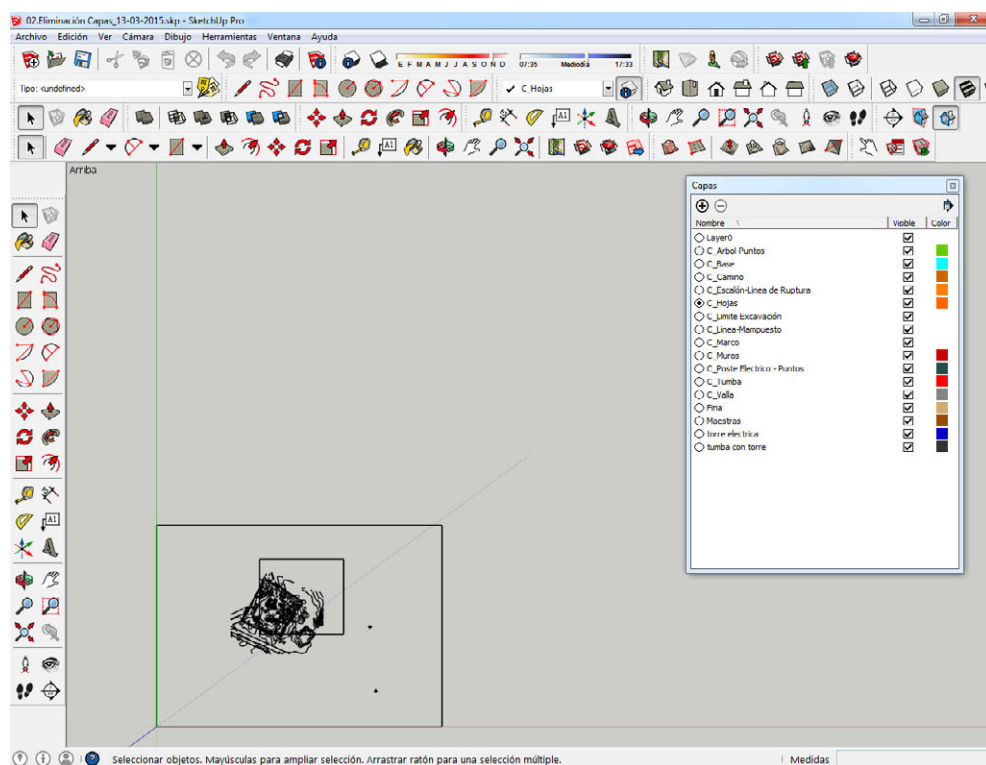


Figura 3.10. Eliminación capas irrelevantes para Modelado 3D.
Fuente: Propia. SketchUp Pro 2015.

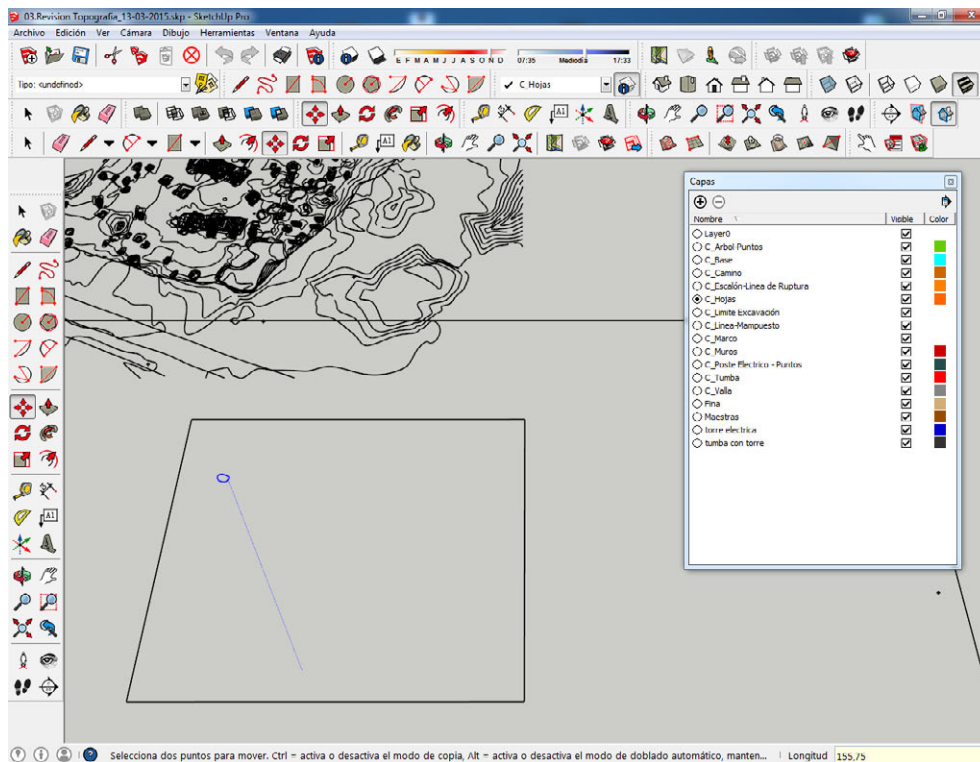


Figura 3.11. Corrección curva mal proyectada.
Fuente: Propia. SketchUp Pro 2015.

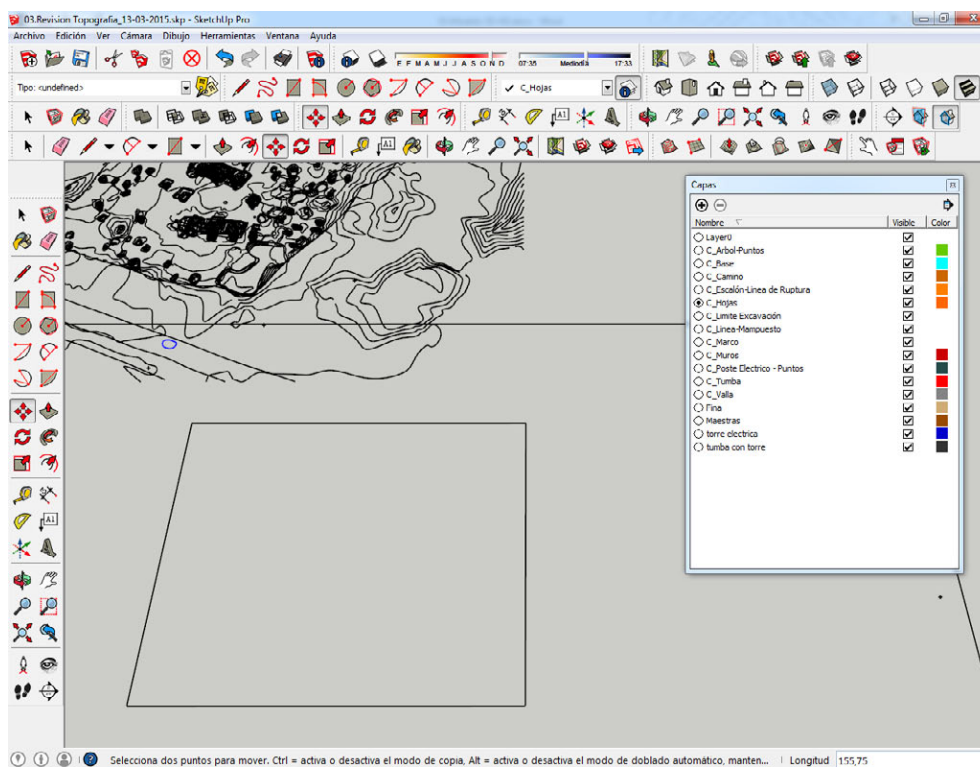


Figura 3.12. Recolocación curva mal proyectada.
Fuente: Propia. SketchUp Pro 2015.

3.3 Modelado 3D

El modelado 3D consistirá en la elaboración de superficies, sólidos 3D y demás elementos, con la finalidad de que se puedan exportar al programa 4D.

3.3.1 Superficies 3D

Empleando las curvas de nivel y el resto de capas según convenga junto con las herramientas que proporciona el programa SketchUp se obtienen las siguientes superficies topográficas:

- Superficie Topográfica Entorno: se corresponde con la topografía en el entorno del límite de excavación arqueológica.
- Superficie Topográfica Límite de Excavación: perteneciente a la topografía dentro de este límite de excavación. Es decir, incluye el yacimiento Mleiha Zona 5.
- Superficies Muros Antiguos: son las que están formadas por las múltiples tumbas del cementerio.
- Superficie Camino: se trata del camino más próximo situado al sur del límite de excavación.

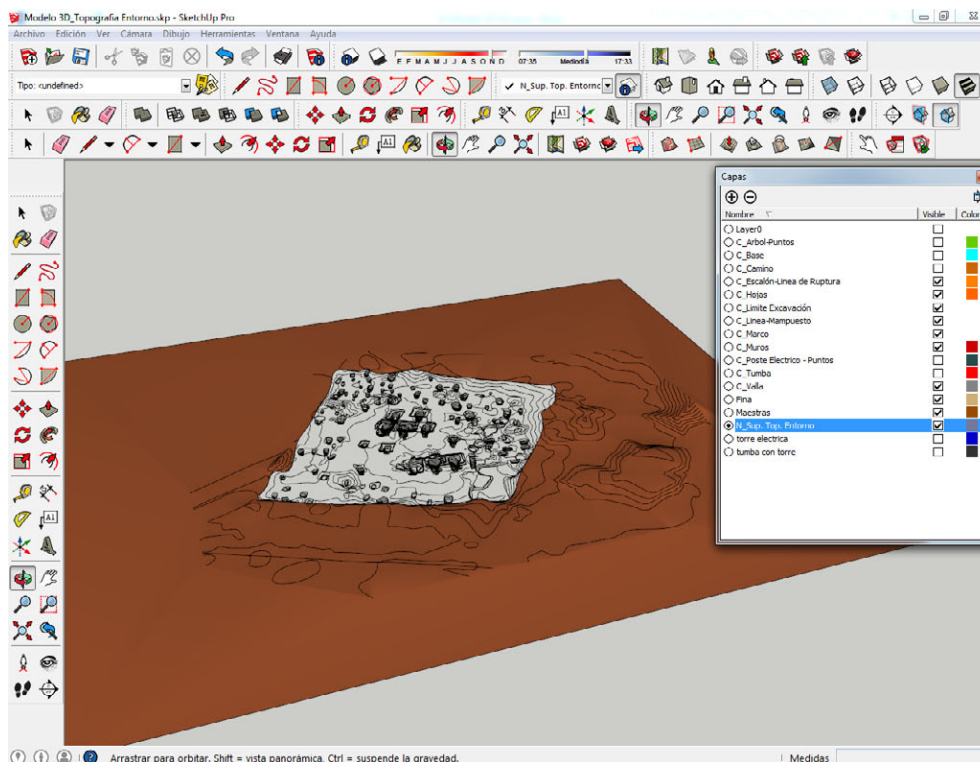


Figura 3.13. Modelo 3D. Superficie Topográfica Entorno.
Fuente: Propia. SketchUp Pro 2015.

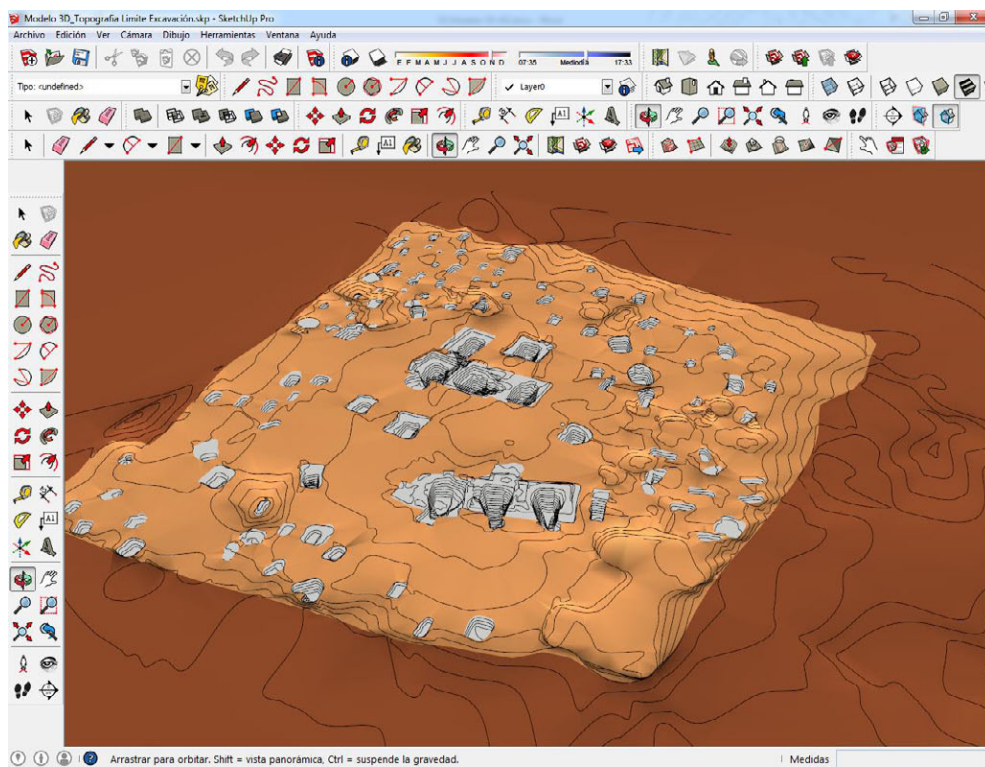


Figura 3.14. Modelo 3D. Superficie Topográfica Limite Excavación.
Fuente: Propia. SketchUp Pro 2015.

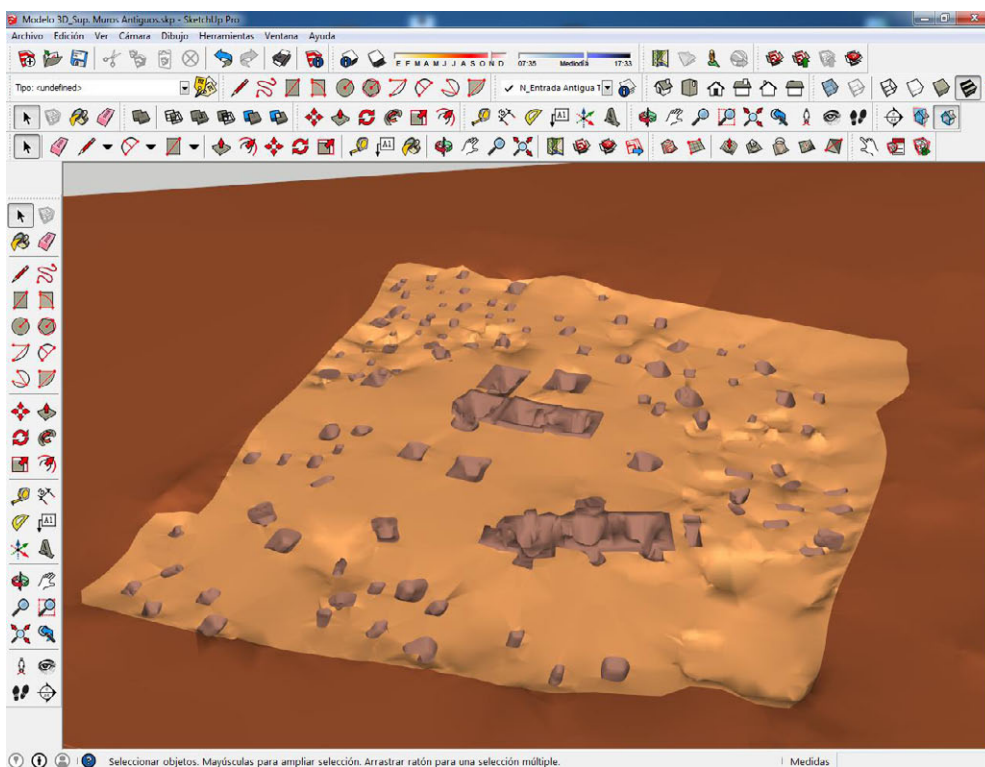


Figura 3.15. Modelo 3D. Superficie Muros Antiguos-Tumbas.
Fuente: Propia. SketchUp Pro 2015.

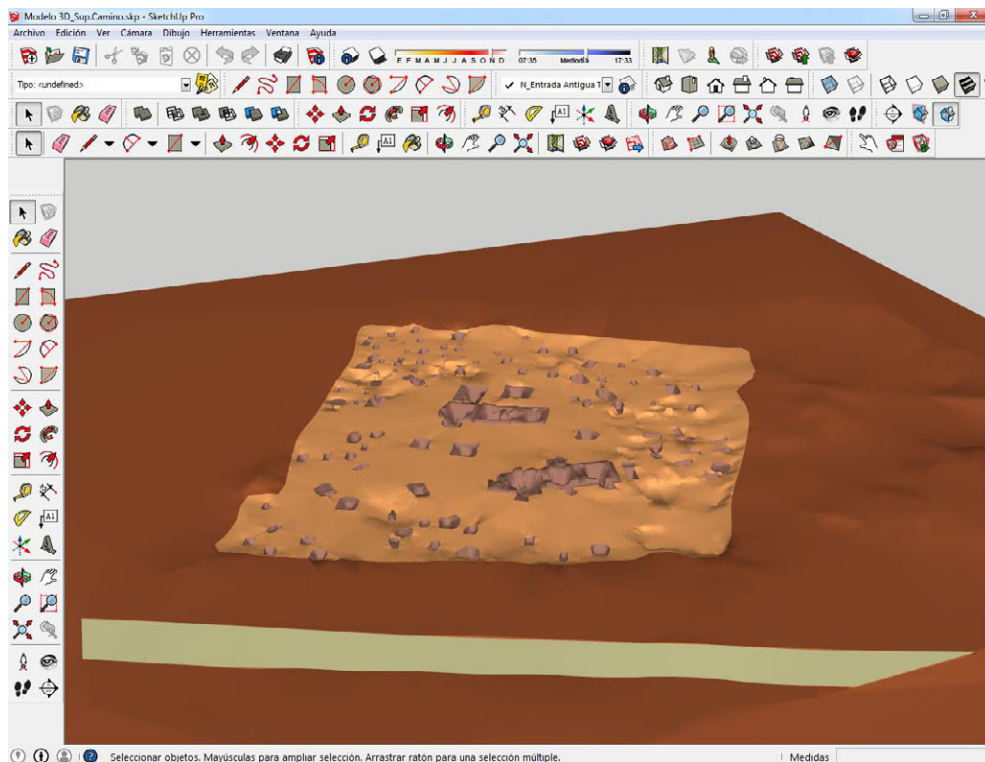


Figura 3.16. Modelo 3D. Superficie Camino.
Fuente: Propia. SketchUp Pro 2015.

3.3.2 Elementos 3D

Posteriormente y para concluir el apartado de la topografía se incorporan elementos o componentes 3D, tales como árboles y postes eléctricos, repartidos por la zona de estudio.

Estos modelos 3D se obtienen de internet dentro de la amplia base de datos del programa de modelado SketchUp Pro. El programa dispone de una herramienta que enlaza con la página 3D Warehouse (Almacén 3D) y que permite importarlos directamente.

Esta página web, propiedad de Trimble Navigation Limited, contiene numerosos modelos, componentes y materiales suministrados por fabricantes y modeladores particulares. Aunque existen otros sitios web, se ha resaltado ésta por ser la más completa y la que se ha empleado en el proyecto.

Otra solución es crear nuestros propios modelos que podrán ser utilizados en otros proyectos o incorporarlos posteriormente en el programa de modelado 4D ya que el software empleado cuenta con su propia biblioteca de modelos.

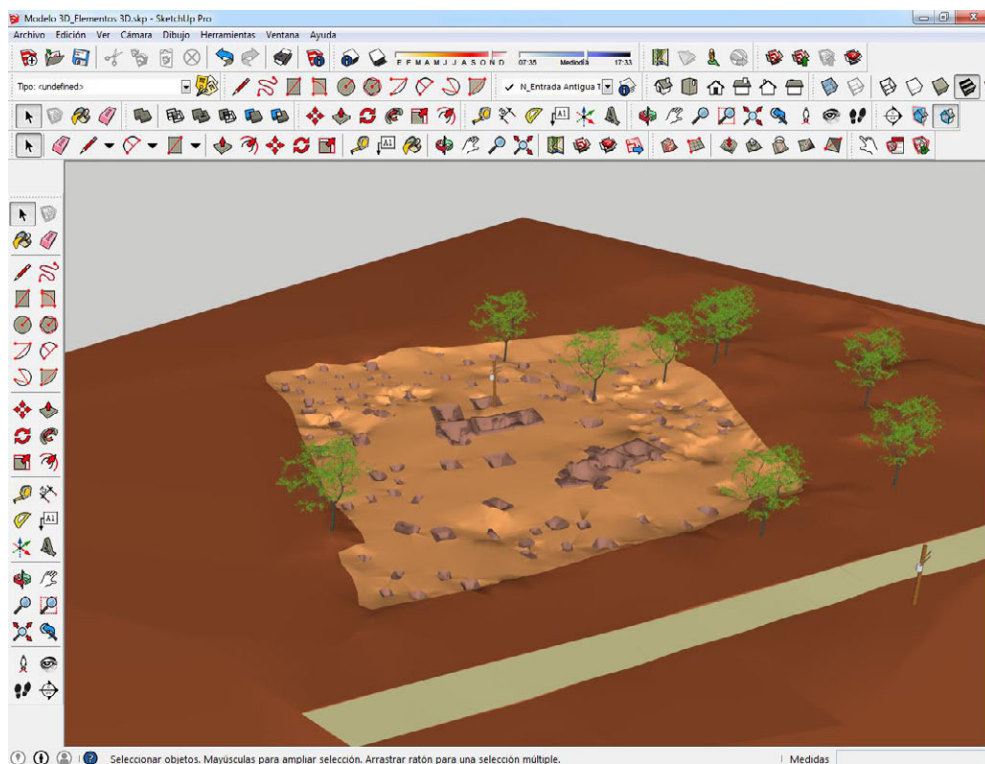


Figura 3.17. Modelo 3D. Árboles y postes eléctricos.
Fuente: Propia. SketchUp Pro 2015.

3.3.3 Sólidos 3D

Para la elaboración y levantamiento de las nuevas torres se han empleado las líneas de Tumba con torre proporcionadas por el fichero MLH5 v4.dwg, anteriormente mencionado. Se dispone también de documentación auxiliar, basada en fotografías tomadas durante la fase constructiva que se han anexionado al final de este apartado.

Apoyándonos en lo anterior se empiezan a constituir los diversos elementos que componen estas construcciones:

- Muros Exteriores.
- Muros Interiores.
- Zócalos de Contención.
- Muretes entre torres.
- Suelo Tumba.
- Cubierta Muro Exterior.
- Cubierta Muro Interior.
- Vigas madera.

- Escalones Tumbas.
- Entradas Tumbas.
- Merlones-Almenas Torres.

Por otro lado también se han situado elementos para la protección de las tumbas, ya sean por motivos de seguridad durante la fase constructiva (cuya simulación se hará con el modelo 4D) o propias de la preservación o estudio arqueológico.

Para finalizar cada elemento 3D queda debidamente identificado mediante un nombre propio único.

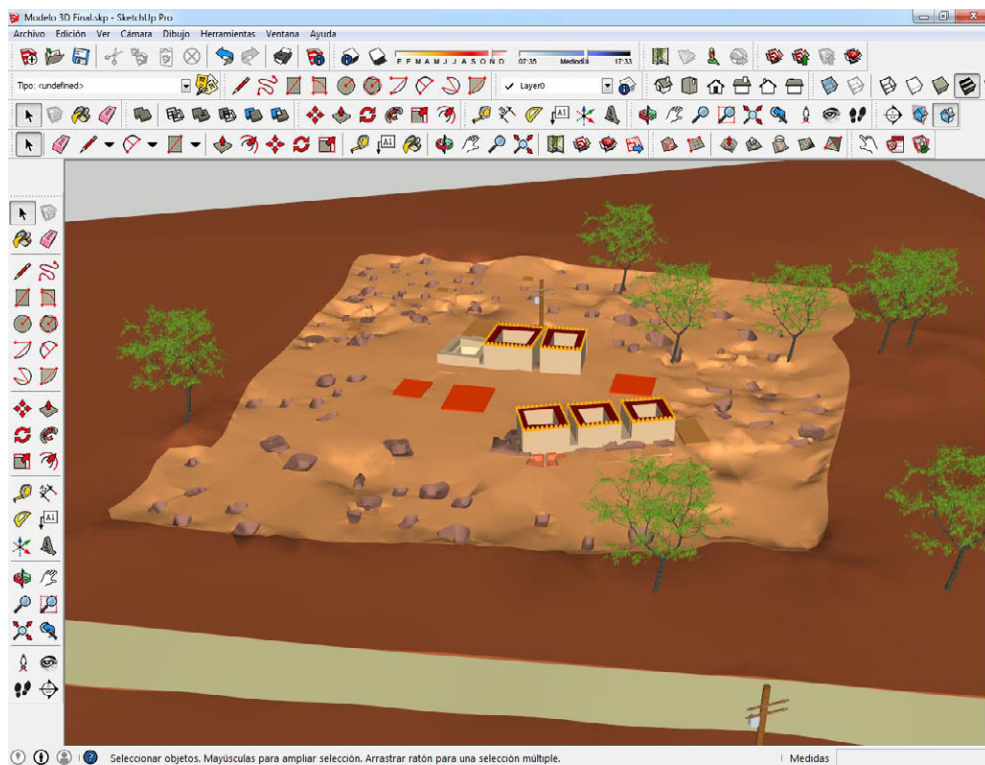


Figura 3.18. Modelo 3D Final Vista General.
Fuente: Propia. SketchUp Pro 2015.

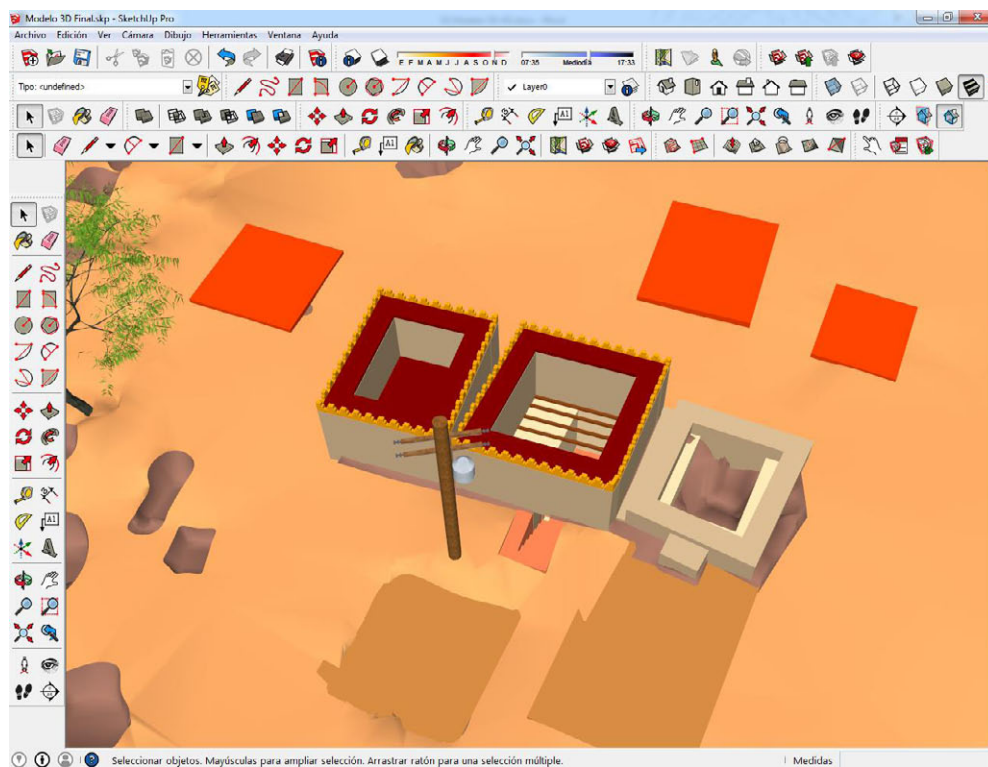


Figura 3.19. Modelo 3D Final. Detalle Tumbas Grupo 1 con entrada Tumba 002.
Fuente: Propia. SketchUp Pro 2015.

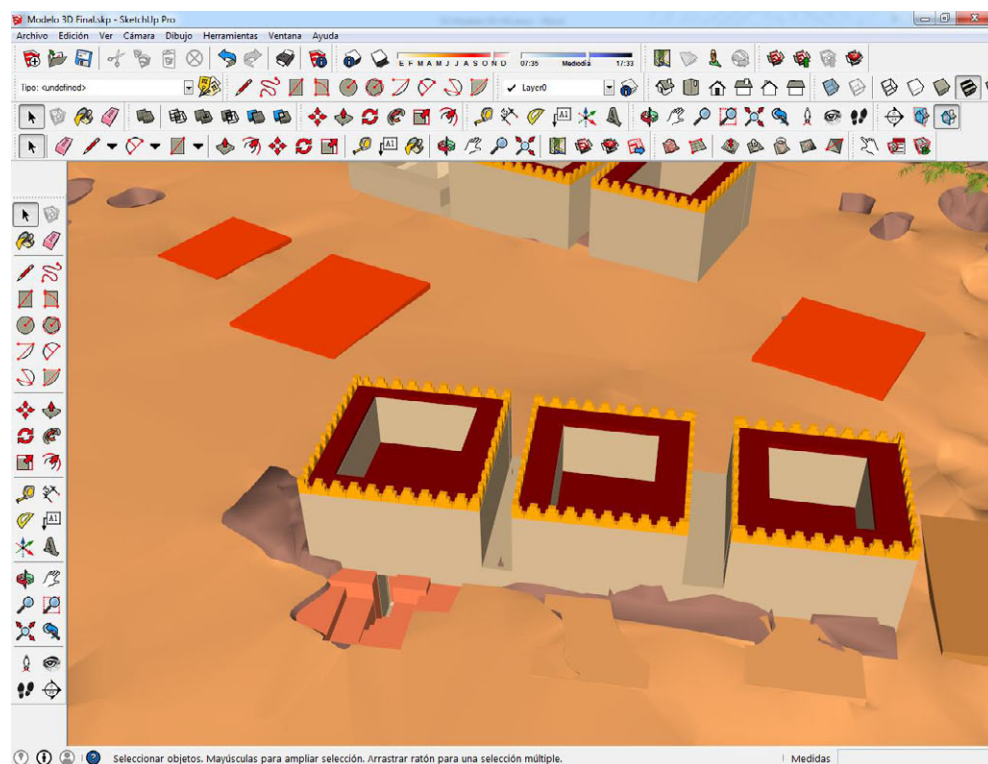


Figura 3.20. Modelo 3D Final. Detalle Tumbas Grupo 2 con entrada Tumba 014.
Fuente: Propia. SketchUp Pro 2015.

3.3.4 Fotografías fase constructiva

- Torre Tumba 001



Figura 3.21. Fotografía Fase Constructiva. Detalle 1. Superior Torre Tumba 001.
Fuente: Propia. 2014.



Figura 3.22. Fotografía Fase Constructiva. Detalle 2. Interior Torre Tumba 001.
Fuente: Propia. 2014.



Figura 3.23. Fotografía Fase Constructiva. Detalle 3. Interior Torre Tumba 001.
Fuente: Propia. 2014.

- Torre Tumba 002



Figura 3.24. Fotografía Fase Constructiva. Detalle 1. Entrada Torre Tumba 002.
Fuente: Propia. 2014.



Figura 3.25. Fotografía Fase Constructiva. Detalle 2. Superior Torre Tumba 002.
Fuente: Propia. 2014.



Figura 3.26. Fotografía Fase Constructiva. Detalle 3. Superior Torre Tumba 002.
Fuente: Propia. 2014.

- Torre Tumba 003



Figura 3.27. Fotografía Fase Constructiva. Detalle 1. Interior Torre Tumba 003.
Fuente: Propia. 2014.



Figura 3.28. Fotografía Fase Constructiva. Detalle 2. Interior Torre Tumba 003.
Fuente: Propia. 2014.

- Torre Tumba 012



Figura 3.29. Fotografía Fase Constructiva. Detalle 1. Interior Torre Tumba 012.
Fuente: Propia. 2014.



Figura 3.30. Fotografía Fase Constructiva. Detalle 2. Interior Torre Tumba 012.
Fuente: Propia. 2014.

- Torre Tumba 013



Figura 3.31. Fotografía Fase Constructiva. Detalle 1. Interior Torre Tumba 013.
Fuente: Propia. 2014.

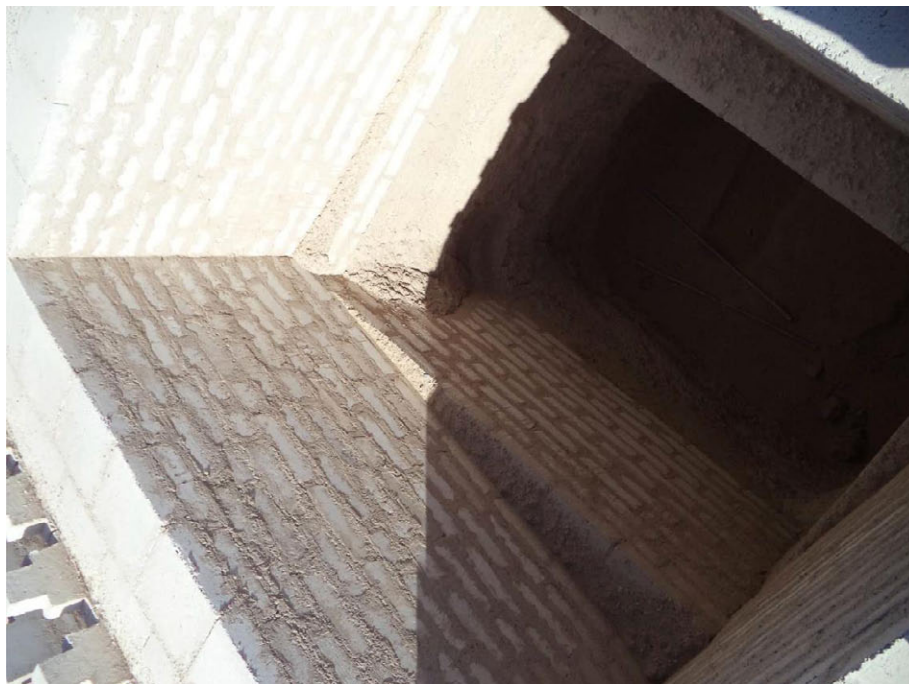


Figura 3.32. Fotografía Fase Constructiva. Detalle 2. Interior Torre Tumba 013.
Fuente: Propia. 2014.



Figura 3.33. Fotografía Fase Constructiva. Detalle 3. Interior Torre Tumba 013.
Fuente: Propia. 2014.

- Torre Tumba 014



Figura 3.34. Fotografía Fase Constructiva. Detalle 1. Entrada Torre Tumba 014.
Fuente: Propia. 2014.



Figura 3.35. Fotografía Fase Constructiva. Detalle 2. Superior Torre Tumba 014.
Fuente: Propia. 2014.



Figura 3.36. Fotografía Fase Constructiva. Detalle 3. Superior Torre Tumba 014.
Fuente: Propia. 2014.

- Generales Grupo Tumbas 1



Figura 3.37. Fotografía Fase Constructiva. Detalle 1. Exterior Grupo Tumbas 1.
Fuente: Propia. 2014.



Figura 3.38. Fotografía Fase Constructiva. Detalle 2. Exterior Grupo Tumbas 1.
Fuente: Propia. 2014.

- Generales Grupo Tumbas 2



Figura 3.39. Fotografía Fase Constructiva. Detalle 1. Exterior Grupo Tumbas 2.
Fuente: Propia. 2014.



Figura 3.40. Fotografía Fase Constructiva. Detalle 2. Exterior Grupo Tumbas 2.
Fuente: Propia. 2014.

4. Modelo 4D

4.1 Importación desde Synchro Pro

Para el modelo 4D se va a emplear el programa de planificación y modelado BIM 4D llamado comercialmente Synchro Pro 2015. Por lo que se procede a la importación del modelo 3D desde dicho programa, comprobando que toda la información es transmitida correctamente.

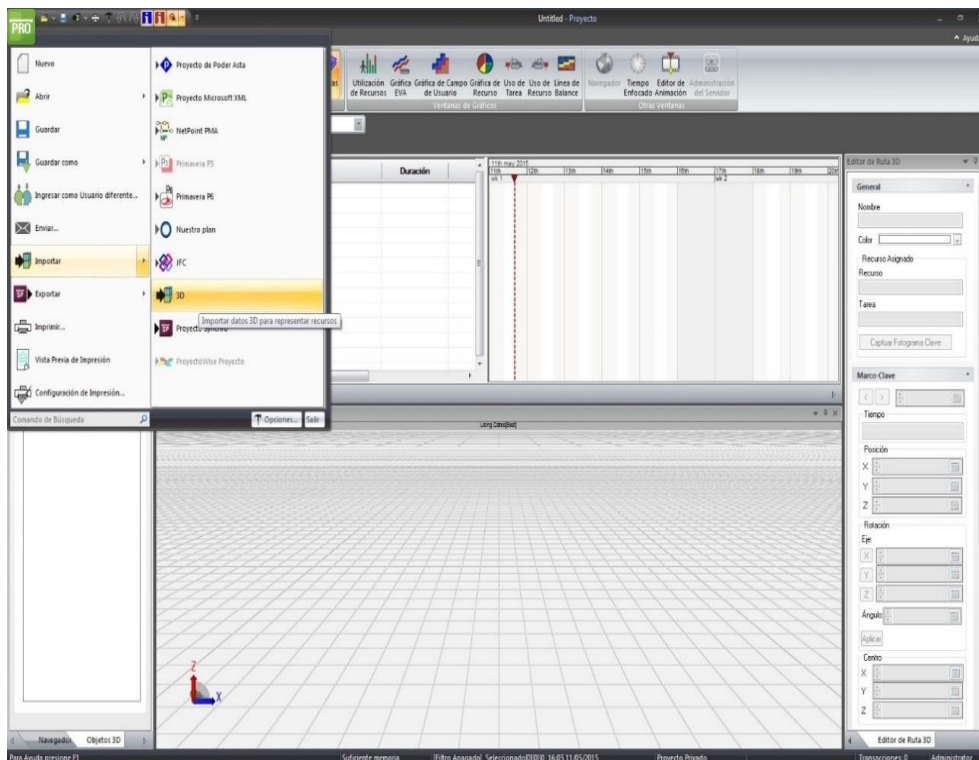


Figura 4.1. Importación Modelo 3D a Synchro Pro 2015.
Fuente: Propia. Synchro Pro 2015.

En este paso se asignan los elementos 3D a los recursos, eligiendo entre los distintos tipos según la naturaleza y contenido del modelo que se vaya a añadir. Para nuestro caso se crea un nuevo recurso de tipo material.

También podemos determinar la forma en que se organizarán estos elementos. El sistema está basado en una jerarquización en árboles, en el que se permite incluso determinar su profundidad.

Se selecciona por tanto el modelo 3D denominado Modelo 3D Final.skp y se procede a marcar las siguientes opciones dentro de los cuadros de diálogo que se muestran a continuación.

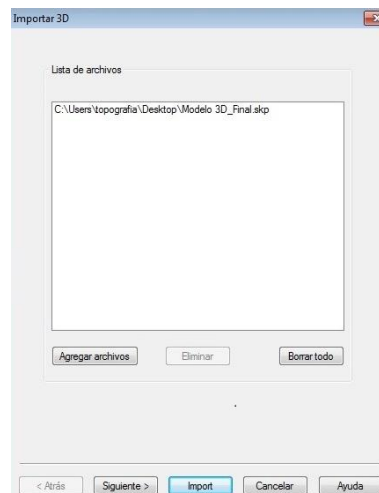


Figura 4.2. Cuadro de diálogo Importar 3D.
Fuente: Propia. Synchro Pro 2015.

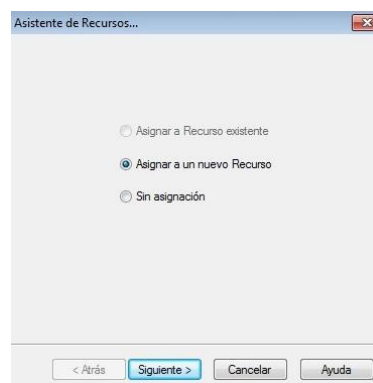


Figura 4.3. Cuadro de diálogo Asistente de Recursos.
Fuente: Propia. Synchro Pro 2015.

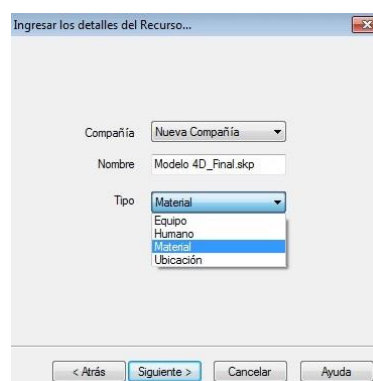


Figura 4.4. Cuadro de diálogo Detalles de Recursos.
Fuente: Propia. Synchro Pro 2015.

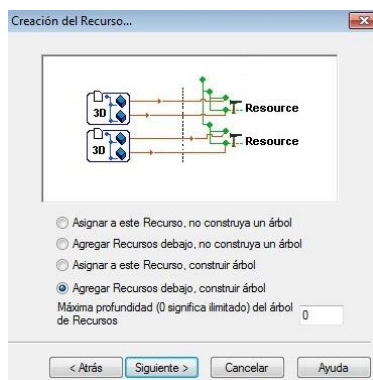


Figura 4.5. Cuadro de diálogo Creación del Recurso.
Fuente: Propia. Synchro Pro 2015.

Como resultado obtenemos el archivo Modelo 4D.sp, en el que todos los objetos 3D creados con anterioridad están perfectamente identificados y asignados al tipo de recurso adecuado. Tendremos de este modo los elementos básicos para empezar a trabajar en el modelado 4D como se ve en la ventana 3D situada en la parte inferior de la siguiente figura.

Además de modelos 3D el programa permite importar proyectos de planificación de tareas creados en programas especializados en este fin, como ASTA, Primavera o Microsoft Project.

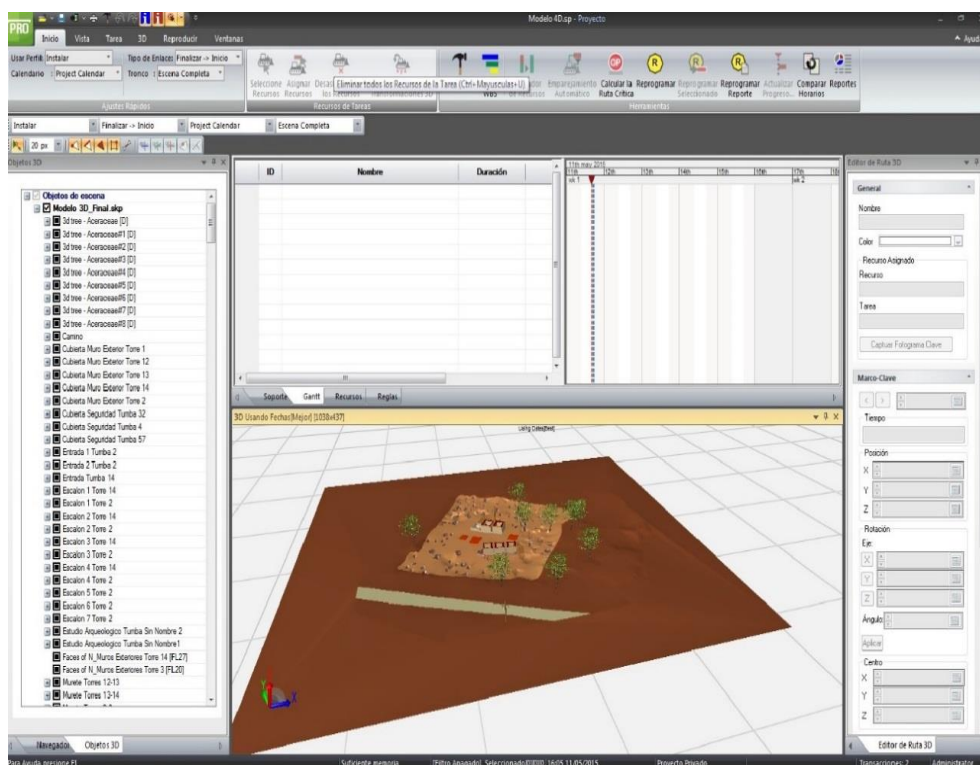


Figura 4.6. Resultado de importación del Modelo 3D a Synchro Pro 2015.
Fuente: Propia. Synchro Pro 2015.

4.2 Modelado 4D

Todo proyecto tiene que superar una primera fase de viabilidad, en la que se evalúan los costes y beneficios. De este modo, con los objetivos, el alcance y los medios disponibles definidos, se procede a la firma de los contratos.

La firma de los acuerdos establecerá claramente la fecha de inicio de los trabajos, constituyendo el hito de inicio, según la fase en la que nos encontremos.

Para el modelado 4D se elaborará una planificación del proceso constructivo. En ella se determinarán los tiempos empleados, pero también el modo y la forma en que se llevan a cabo las tareas. Además en este Proyecto Fin De Carrera se aportará un video como resultado final, incluido en el soporte digital.

4.2.1 Configuración Synchro

Primero se tiene que configurar el resto del programa según el entorno de trabajo, personalizando idioma, moneda, unidades, formatos, horario, jornada, colores, etc... por medio de la ventana de opciones.

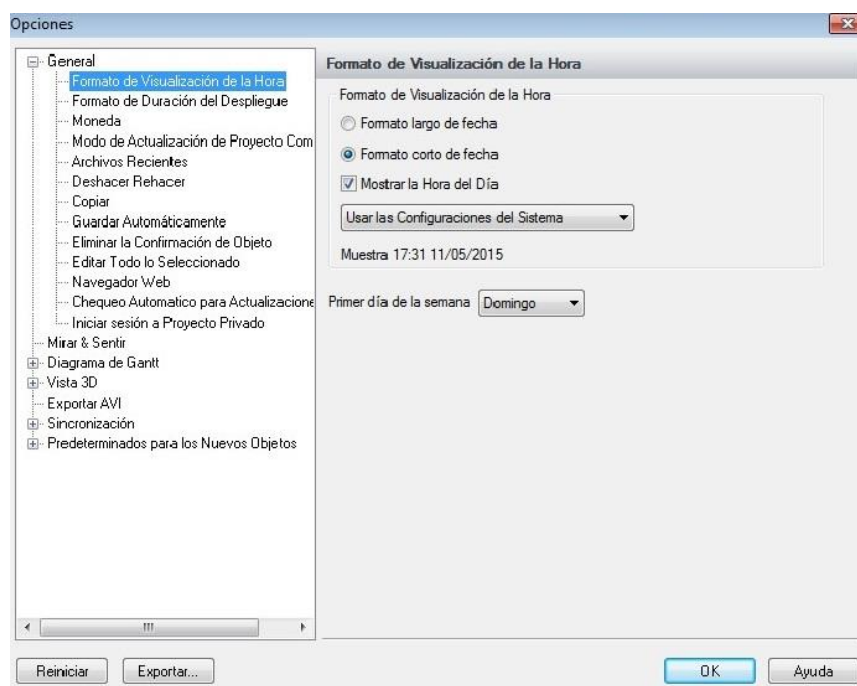


Figura 4.7. Cuadro de Diálogo Opciones. Formato de Visualización de Hora.
Fuente: Propia. Synchro Pro 2015.

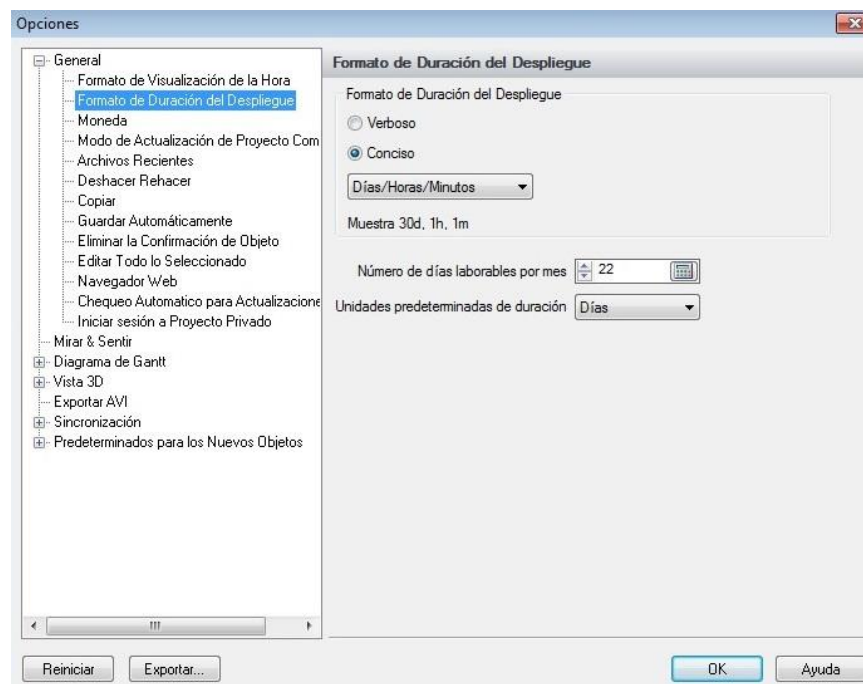


Figura 4.8. Cuadro de Diálogo Opciones. Formato de Duración del Despliegue.
Fuente: Propia. Synchro Pro 2015.

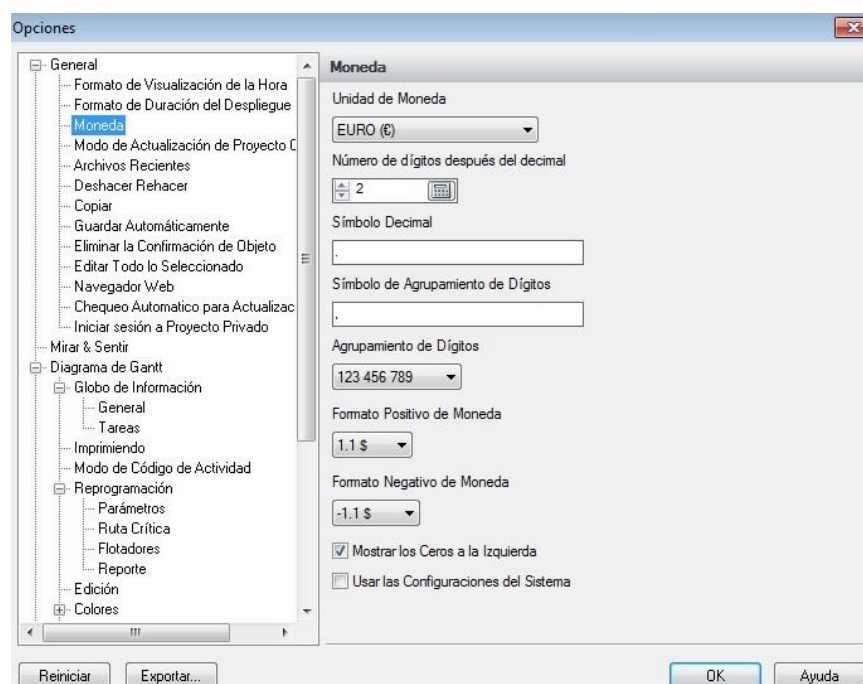


Figura 4.9. Cuadro de Diálogo Opciones. Moneda.
Fuente: Propia. Synchro Pro 2015.

En este proyecto se ha elegido, por conveniencia:

- La fecha de inicio del proyecto será el 5 Julio de 2015.
- El calendario se ha establecido de Domingo a Jueves (Establecido generalmente en los países musulmanes y más concretamente en E.A.U.)
- La jornada laboral será de ocho horas con un cómputo total de 40 horas semanales.
- 22 jornadas laborables por mes.
- El horario será de 9:00-17:00
- El trabajo se hará en modo ASAP (As Soon As Possible) es decir lo más pronto posible.
- Personalización de los perfiles de crecimiento (la forma en que se rellenan, instalan o crecen los distintos elementos, superficies o sólidos 3D)
- El tipo de enlace entre tareas será de Fin-Inicio (Cuando finaliza una tarea comienza la siguiente)
- Los cálculos se ajustarán al parámetro minuto.

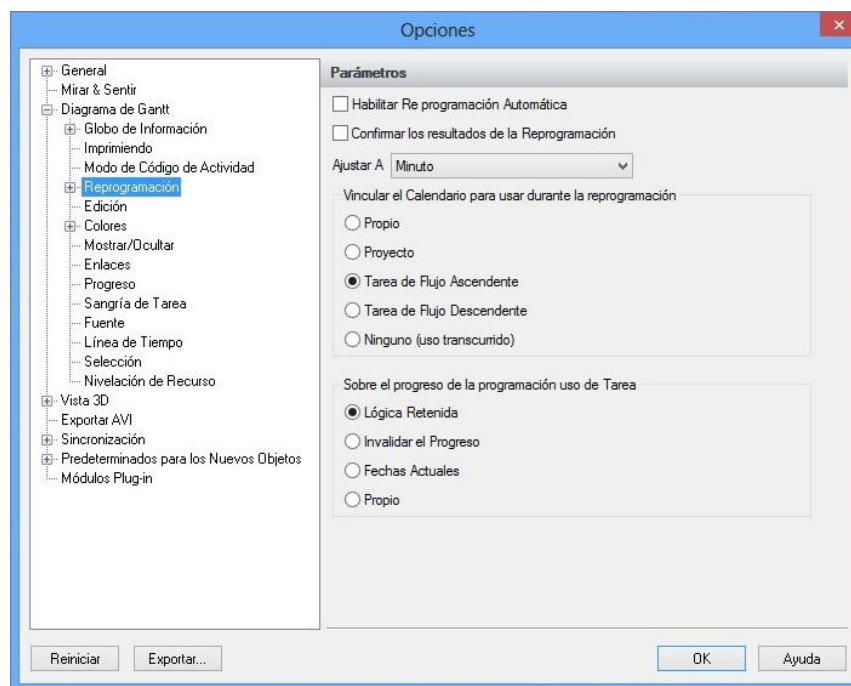


Figura 4.10. Cuadro de Diálogo Opciones. Parámetros.
Fuente: Propia. Synchro Pro 2015.

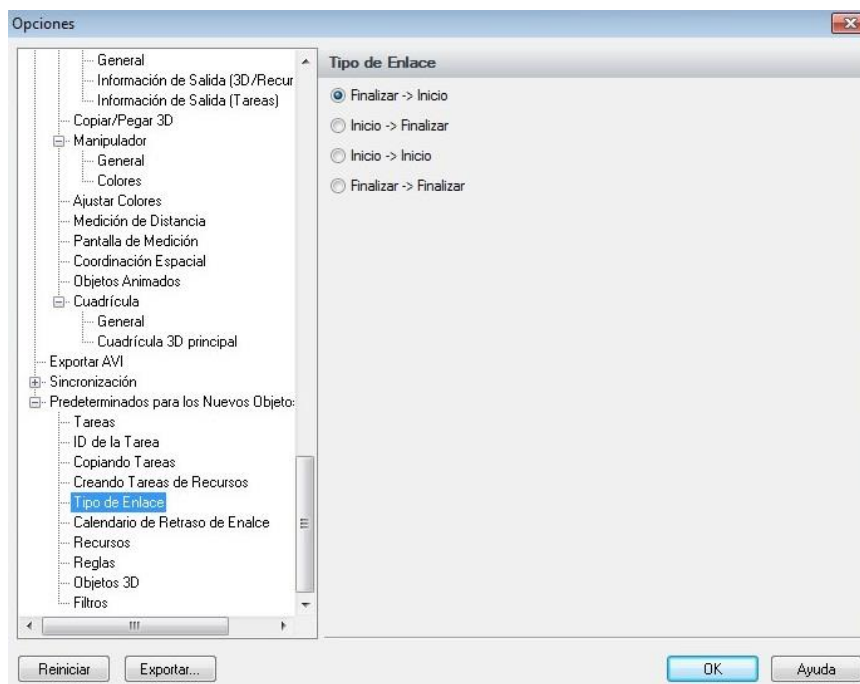


Figura 4.11. Cuadro de Diálogo Opciones. Tipo de Enlace.
Fuente: Propia. Synchro Pro 2015.

4.2.2 Tareas y Diagrama de Gantt

Como ya se ha adelantado, cualquier proyecto está conformado por una sucesión de tareas y subtareas interrelacionadas e incluidas dentro de las distintas fases (Diseño, Compras y Fabricación, Construcción, Entrega y Explotación), por lo que se hace necesario establecer un sistema que permita mostrar gráficamente los tiempos asignados a cada actividad o tarea dentro un marco de tiempo común.

Esto se logra mediante un diagrama de Gantt, en el cual se establece el inicio y fin de cada tarea y por tanto su duración.

Para obtener los resultados deseados en la asignación de tiempos de las actividades, nos tendremos que basar en tablas de rendimiento según el enclave, medios y materiales, pero también en la pericia y experiencia del Director del Proyecto y los distintos profesionales participantes que entre otras cosas tendrán que tener en cuenta los tiempos de preparación previos a la ejecución de las tareas.

Por tanto tenemos que definir la serie de tareas que se van a llevar a cabo e introducirlas en el Diagrama de Gantt. En este caso se han introducido las siguientes Tareas Resumen:

- Tareas de Topografía. (Inicio Proyecto)

- Tareas de Preservación y Seguridad en el trabajo.
- Tareas de Construcción de las Torres-Tumba.
- Tareas de Preservación y estudio arqueológico (Finalización-Entrega).

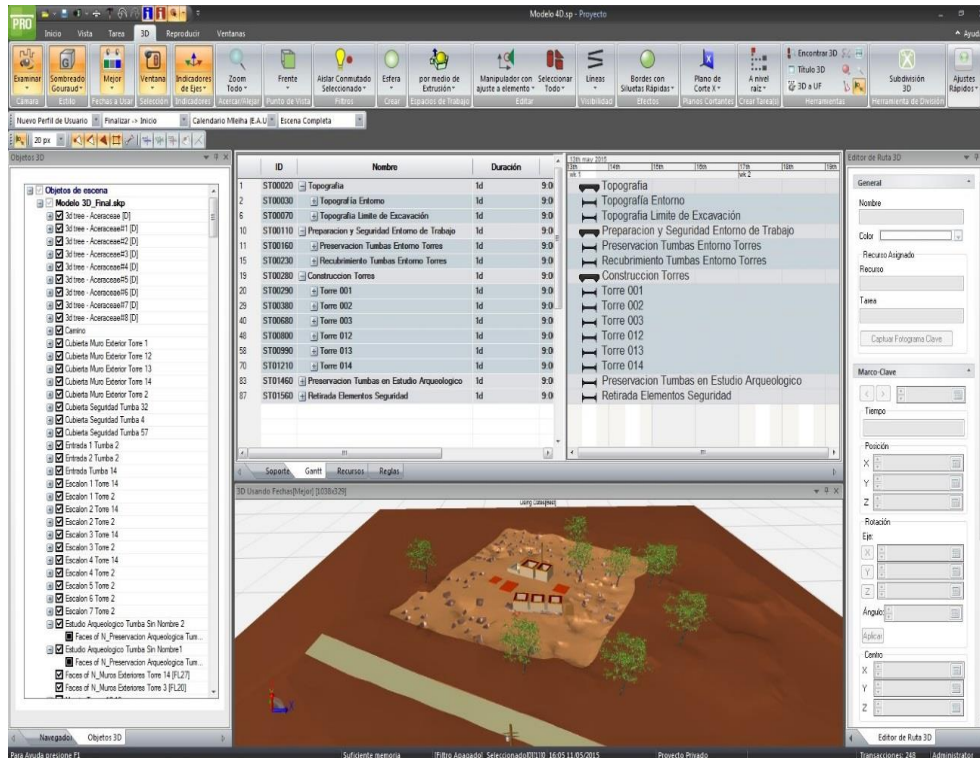


Figura 4.12. Diagrama de Gantt y Tareas Resumen.
Fuente: Propia. Synchro Pro 2015.

4.2.3 Red de Precedencias

Las tareas se tienen que ejecutar siguiendo una secuencia coherente y lógica en el tiempo. Por tanto se han de vincular las tareas, unas con otras, conformando la red de precedencias del proyecto. Para llevar a cabo este trabajo se ha de tener en cuenta lo siguiente:

- Todas las tareas que conforman esta red tendrán, al menos, una tarea predecesora y una tarea sucesora. Esto siempre es así, salvo para el Hito de Inicio (que no tiene predecesora) y el Hito de Fin (que no tiene sucesora).
- En este caso se ha decidido establecer dos equipos de trabajo para la fase constructiva. Cada equipo construirá un grupo de torres y estará formado por dos albañiles y dos peones.

- Para conseguir una mejor secuencia constructiva se decidió dividir en varias partes tanto los muros interiores como los exteriores. Este cambio se ha realizado empleando las herramientas de manipulado del programa Synchro.

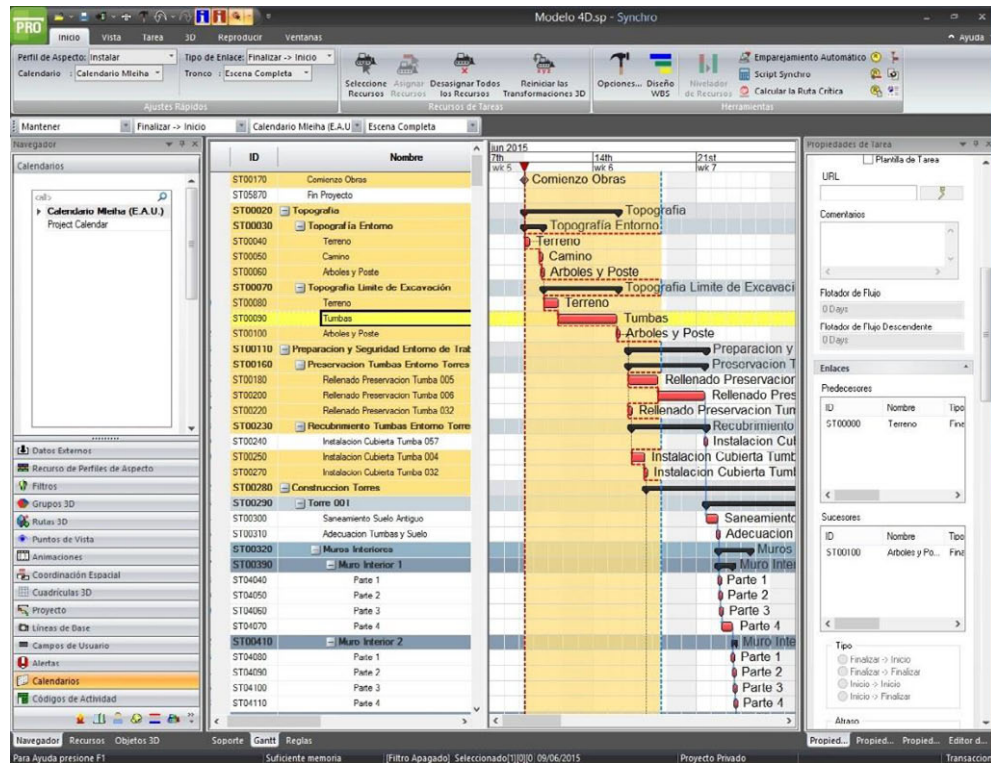


Figura 4.13. Red de Precedencias y Tareas.

Fuente: Propia. Synchro Pro 2015.

4.2.4 Recursos

Los recursos son aquellos elementos básicos que permiten realizar el trabajo. Pueden ser de varios tipos:

- Material:** Se corresponden con los elementos que permanecen en la obra una vez finalizado el proyecto. Como los muros, las cubiertas, etc...
- Humano:** Las personas que llevan a cabo las tareas. Estarán integrados en sus propias compañías o empresas. Como los ingenieros, albañiles, electricistas, etc...
- Equipo:** Pertenecen a este grupo los elementos que no permanecen en la obra una vez finalizada. Como la maquinaria, estructuras auxiliares, etc...
- Ubicación:** Aquellos elementos que se encuentran o están disponibles en la propia ubicación.

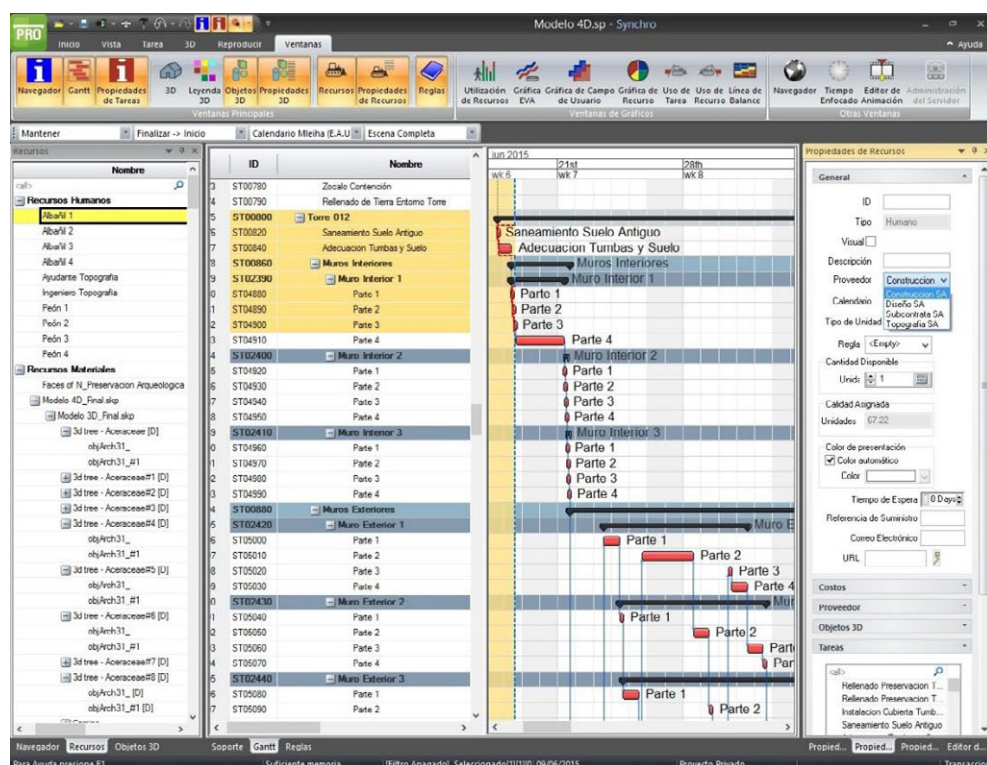


Figura 4.14. Recursos Humanos y Materiales.
Fuente: Propia. Synchro Pro 2015.

4.2.5 Reglas y rendimientos

Mediante las reglas es posible elaborar, importar y emplear las Tablas de Rendimientos dentro de este programa de modelado 4D.

Estas tablas están formadas por entradas de valores según el tipo de tarea (excavación de zanja, solado, enfoscado, encofrado, etc...), método (manual o mecánico), unidades de medida (metros cúbicos/hora, metros cuadrados/hora, etc...) y otras variables como los medios disponibles.

Con estos valores y con las mediciones y cálculos que realicemos podremos obtener la duración de ciertas tareas (como la construcción de los muros o el rellenado de tierras). Para otras tareas tales como la colocación de vigas o merlones se ha decidido la asignación de unos tiempos fijos y determinados.

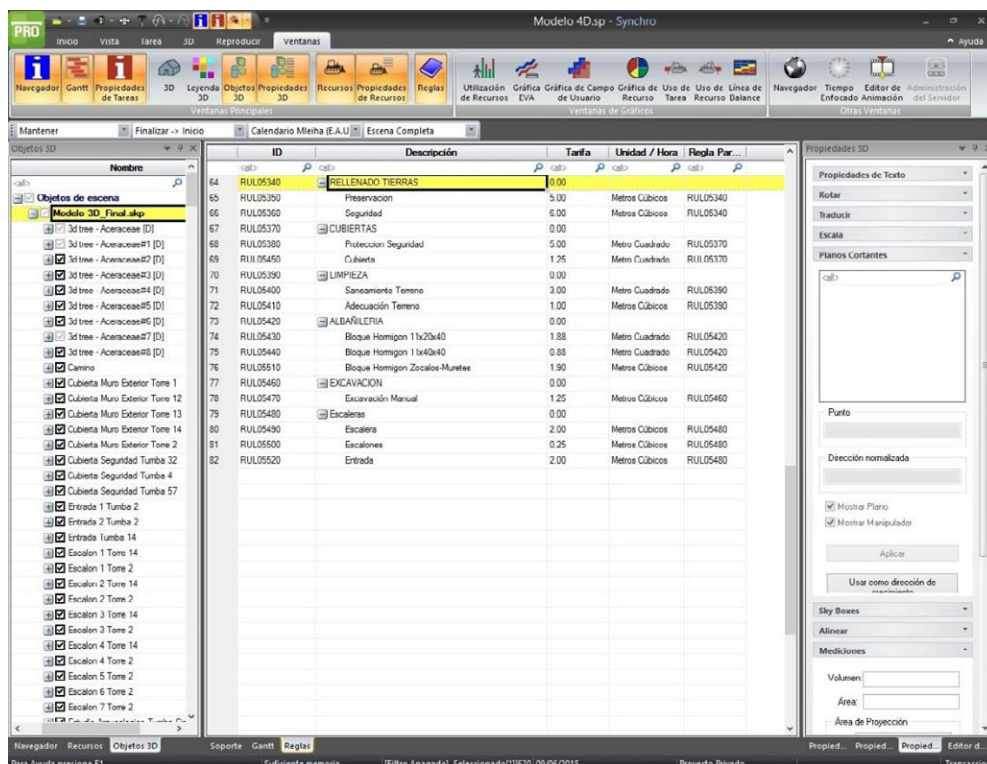


Figura 4.15. Reglas y Rendimientos.
Fuente: Propia. Synchro Pro 2015.

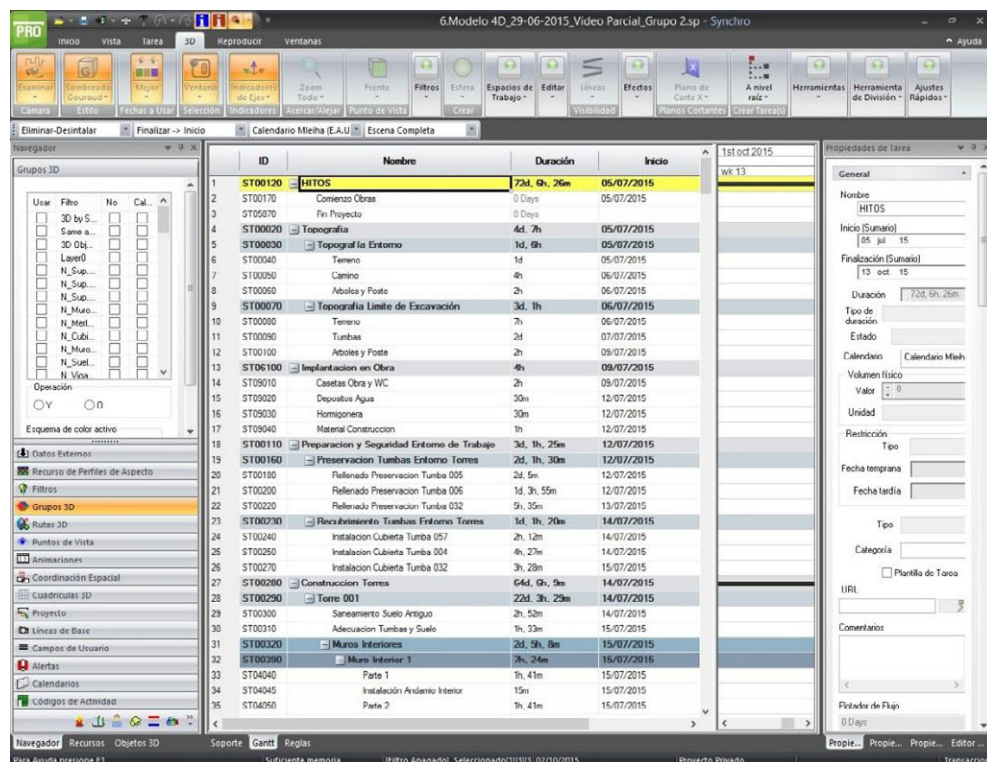


Figura 4.16. Duración de Tareas.
Fuente: Propia. Synchro Pro 2015.

4.2.6 Implantación en Obra

Con la finalidad de simular que estos modelos son colaborativos, procedentes de diversas agentes y fuentes y que pueden ser fácilmente actualizables, se ha incorporado un nuevo modelo 3D, bajo el nombre de Modelo 3D_Implantación en Obra.

Este modelo contiene los elementos propios de la implantación en obra como las casetas, un W.C. portátil, palets con materiales situados en dos zonas de acopio, depósitos de agua, etc... Además cuenta con el sistema de andamiaje tanto exterior como interior.

Para elaborar el modelo 3D de la implantación en obra se han utilizado modelos disponibles en Internet que además han sido modificados, personalizados y adecuados según convenía. Estos elementos se han asignado como Recursos del tipo Equipo.

Con el nuevo modelo ya importado, se procede a incorporar los nuevos elementos a la planificación actualizando el modelo final. Se revisa la coherencia entre los modelos 3D comprobándose que todo ha sido importado correctamente.

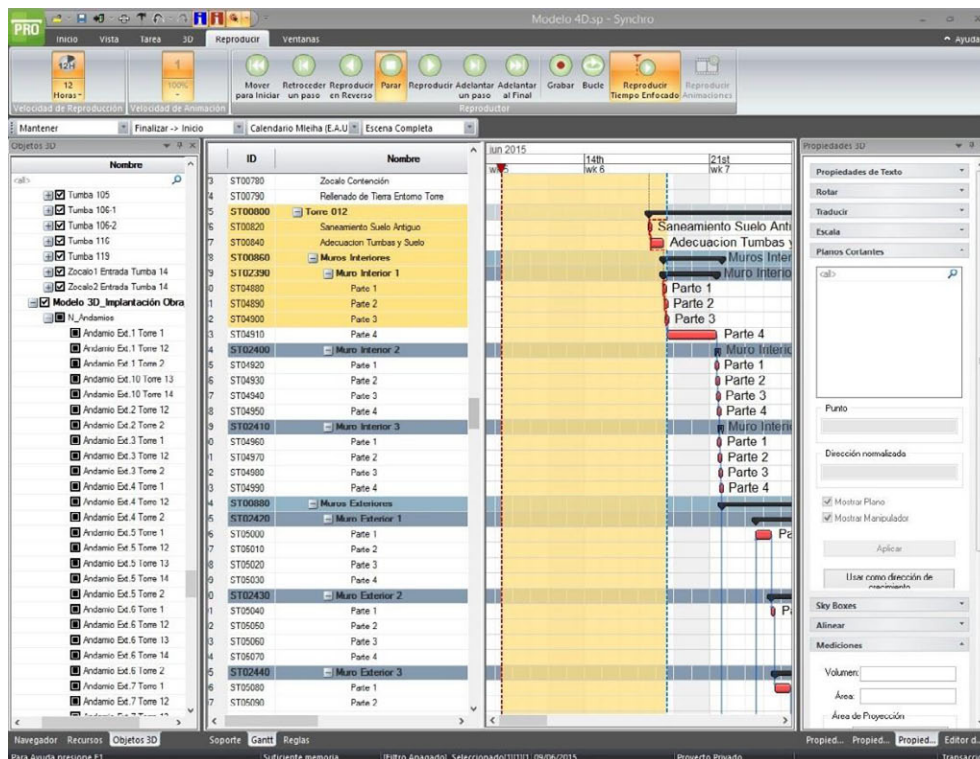


Figura 4.17. Importación Modelo 3D_Implantación en Obra.
Fuente: Propia. Synchro Pro 2015.

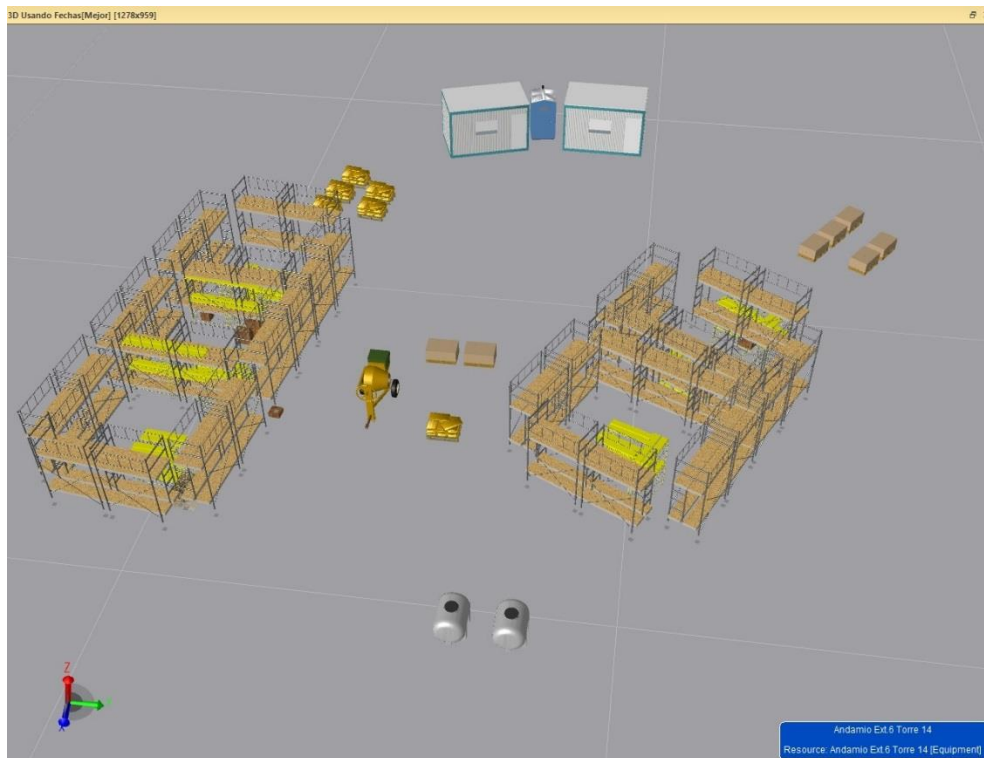


Figura 4.18. Elementos Modelo Implantación en Obra.
Fuente: Propia. Synchro Pro 2015.

4.2.7 Asignación a Tarea

Tanto los recursos como las reglas deberán estar asignados a las tareas a las que correspondan quedando de esta forma debidamente vinculados.

También tendremos que crear, seleccionar y utilizar los perfiles de crecimiento, instalación o desinstalación de los recursos según queramos que se comporte la tarea. Así se puede visualizar como los recursos pertenecientes a los muros de la torres, los rellenos de tierra y similares crecen de abajo a arriba; las vigas o los merlones se instalan o como los andamios se desinstalan y desaparecen.

Una vez hecho esto, ya podremos reproducir la secuencia cuantas veces se estime y observar los posibles conflictos aportando las mejores soluciones. Anticipándonos de esta forma en la resolución de problemas de tipo espacial, necesidad de recursos, secuencia y métodos de trabajo, cálculos de costes, etc... Se pueden hacer análisis de camino crítico, mediante diagramas o emplear herramientas para nivelar recursos.

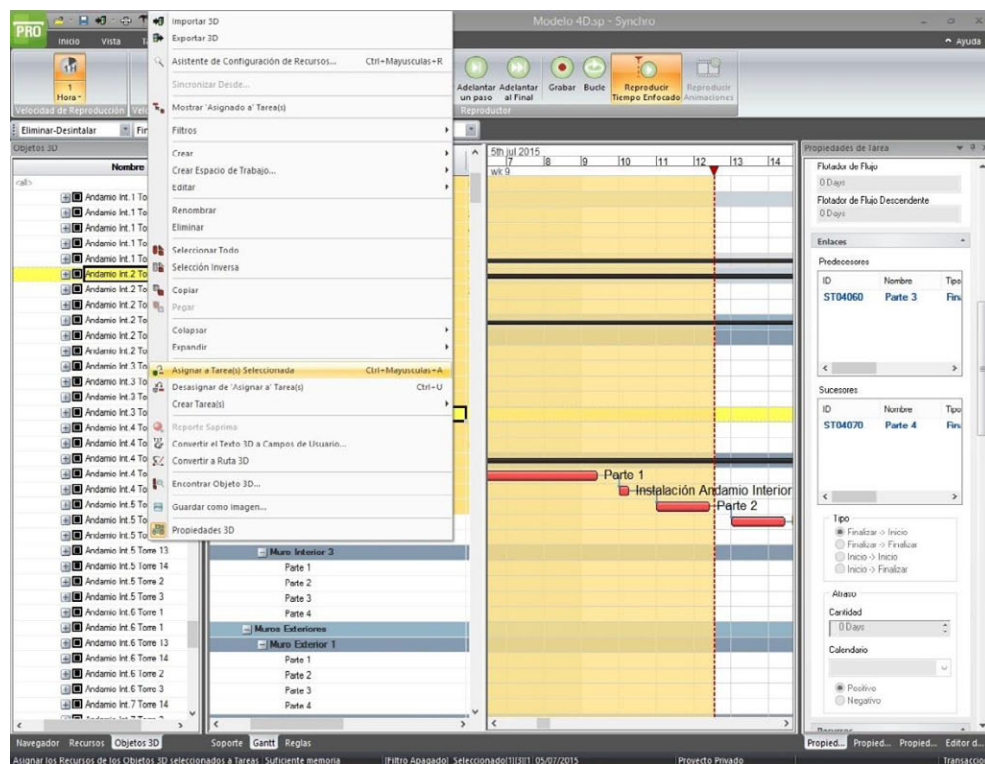


Figura 4.19. Asignación a Tarea.
Fuente: Propia. Synchro Pro 2015.

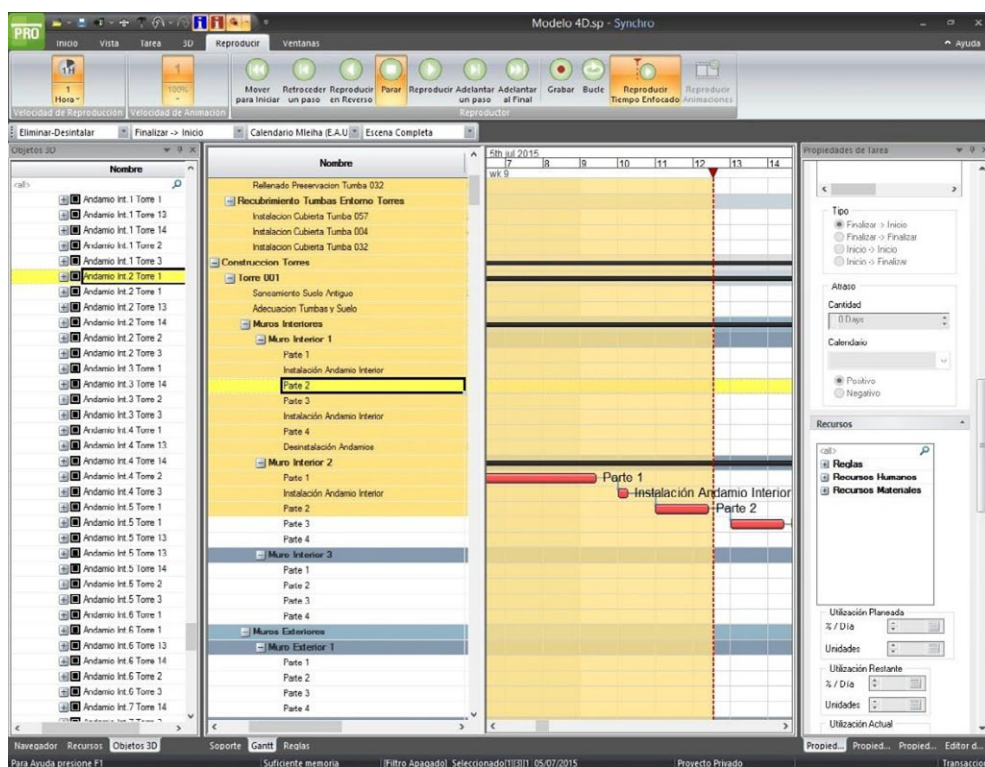


Figura 4.20. Recursos Asignados.
Fuente: Propia. Synchro Pro 2015.

4.2.8 Video

Como último paso, gracias a las herramientas del programa Synchro, además de las opciones de visualización se pueden realizar un vídeo que muestre todo el proceso. El formato de salida de vídeo será AVI, que como formato bastante extendido entre el público nos permite ofrecerlo como un buen producto final para los clientes o propietarios.

Con la inserción y posición de cámaras, tiempos de enfoque, zoom y la elección de los momentos o posiciones en la línea de tiempos que convengan se va creando cada animación. De esta forma se puede centrar y resaltar las partes del proceso que más interesen, ralentizando o acelerando la secuencia o estableciendo periodos concretos (1 día cada 5 segundos o cada 2 segundos).

El archivo se llama Reconstrucción Virtual Torres Mleiha y se han adjuntado a la Memoria Digital. Se han realizado tres animaciones para cada vista, la general de todo el proceso y dos parciales centradas en la construcción de cada grupo de Torres-Tumba.

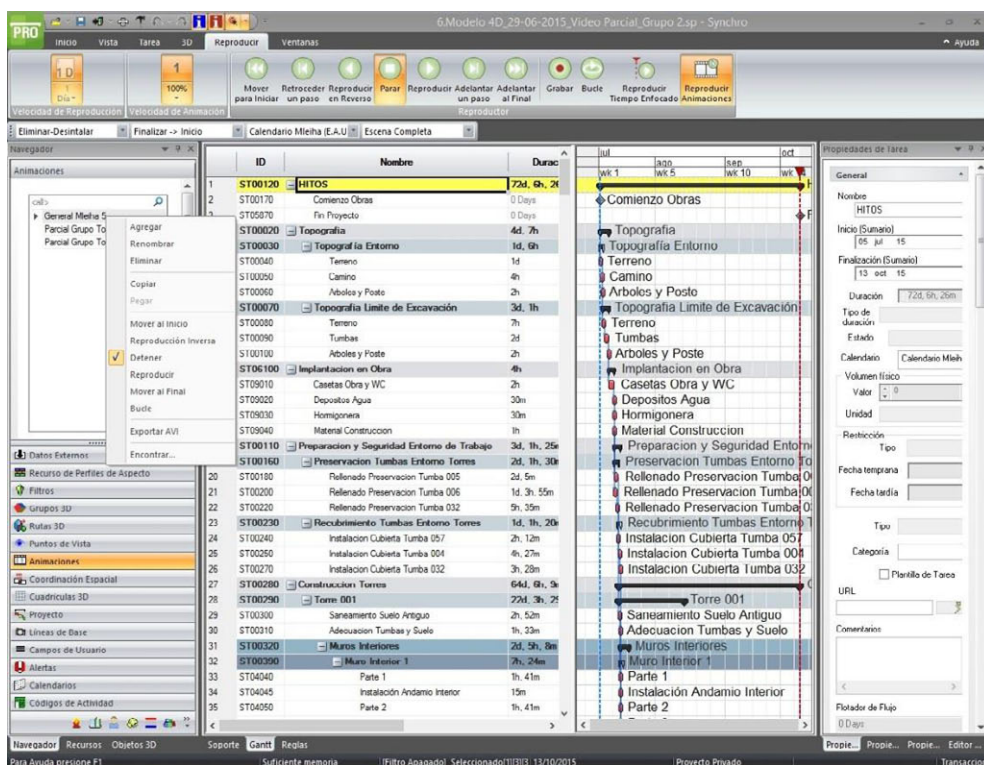


Figura 4.21. Animaciones.
Fuente: Propia. Synchro Pro 2015.

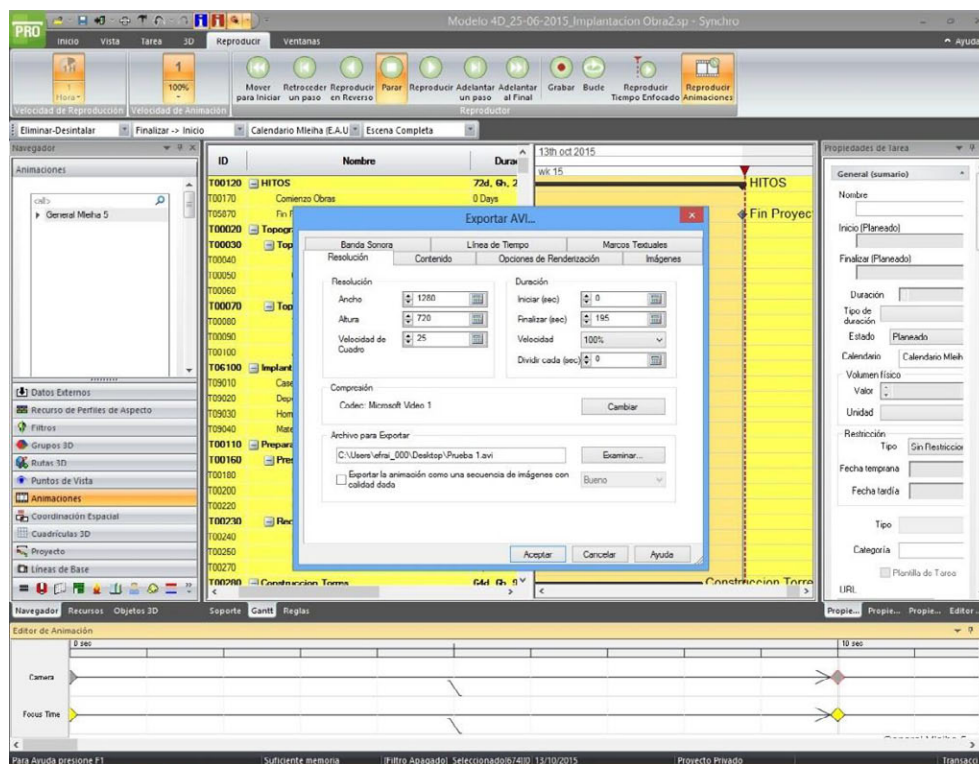


Figura 4.22. Editor de animaciones y Exportar a AVI.
Fuente: Propia. Synchro Pro 2015.



Figura 4.23. Vista vídeo Reconstrucción Virtual Torres Mleiha.
Fuente: Propia.

5. Presupuesto

5.1 Introducción

El presupuesto elaborado para la obtención del presente proyecto, ha sido separado por capítulos atendiendo a la duración de las diferentes tareas y los costes de los recursos empleados tanto materiales como humanos.

Se ha decidido emplear a un Ingeniero Técnico en topografía para las tareas de análisis, gestión y planificación, así como un ayudante de topografía para el modelado 3D.

Aquí se reflejan los costes por día, en base a una jornada ordinaria de 8 horas para estos recursos humanos y los costes unitarios de los recursos materiales utilizados (software, documentación).

Además se computará un 15% en concepto de beneficio empresarial, un 3% por gastos generales (alquiler oficina, luz, etc...) derivados de la propia actividad y un 21% por I.V.A según el tipo aplicable vigente.

5.2 Tareas realizadas

En este apartado se detallan cronológicamente las tareas realizadas según el tiempo empleado.

- Planificación proyecto: 2 días
- Documentación: 5 días
 - Histórica: 2 días
 - BIM: 3 días
- Modelado 4D: 7 días
 - Elección Software: 1 día
 - Comprobación y análisis cartográfico: 1 día
 - Modelado 3D: 2 días
 - Planificación BIM 4D: 3 días
- Elaboración Presentación 4D: 1 día
- Preparación Memoria
 - Redacción: 10 días
 - Impresión y Encuadernación: 1 día

5.3 Costes unitarios

En este apartado se separan los recursos humanos y materiales según su coste por día o unidad.

- Recursos Humanos
 - Ingeniero Técnico en Topografía: 15€/hora lo que deja una jornada de 8 horas en 120 €/día.
 - Ayudante de Topografía: 10 €/hora lo que deja la jornada en 80€/día.
- Recursos Materiales
 - Ordenador: 500€
 - Software:
 - Windows 7: 100 €
 - Autocad 2014: 1910 €/año
 - SketchUp Pro 2015: 487 €/año
 - Synchro Pro 2015: 3850 €/año
 - Office 365: 100 €/año
 - Amortización 2 años para Windows y ordenador: 300 €/año
 - Coste total equipo informático/año: 6647 €/año.
 - Coste por día: 26 €/día
 - Impresión Memoria: 30 €/unidad
 - Encuadernación: 10 €/unidad

A continuación se procede a calcular los costes totales de cada actividad o tarea separada sin IVA. El último cuadro corresponde al cálculo total del proyecto incluyendo todos los conceptos aplicados.

5.4 Cálculos por Tareas sin I.V.A.

Tarea	Planificación Proyecto			
Duración		2 días	Coste €/día	Total €
Recursos	Ingeniero Técnico en Topografía	2 días	120	240
	Equipamiento informático	2 días	26	52
	Total Costes Tarea		146	292
Tarea	Documentación			
Duración		5 días	Coste €/día	Total €
Recursos	Ingeniero Técnico en Topografía	5 días	120	600
	Equipamiento informático	5 días	26	130
	Total Costes Tarea		146	730
Tarea	Modelado 4D			
Duración		7 días	Coste €/día	Total €
Recursos	Ingeniero Técnico en Topografía	5 días	120	600
	Ayudante Topografía	2 días	80	160
	Equipamiento informático	7 días	26	182
	Total Costes Tarea		135	942
Tarea	Presentación 4D			
Duración		1 día	Coste €/día	Total €
Recursos	Ingeniero Técnico en Topografía	1 día	120	120
	Equipamiento informático	1 día	26	26
	Total Costes Tarea		146	146
Tarea	Preparación Memoria 1			
Duración		10 días	Coste €/día	Total €
Recursos	Ingeniero Técnico en Topografía	10 días	120	1200
	Equipamiento informático	10 días	26	260
	Total Costes Tarea		146	1460
Tarea	Preparación Memoria 2			
Duración		1 día	Coste €/unidad	Total €
Recursos	Impresión Memoria	3 unid.	30	90
	Encuadernación Memoria	3 unid.	10	30
	Total Costes Tarea		40	120

4.1 Coste Total

TAREA	COSTE	GASTOS GENERALES	BENEFICIO INDUSTRIAL	I.V.A.	TOTAL
Planificación Proyecto	292	8,76	43,80	72,36	416,92
Documentación	730	21,90	109,50	180,89	1042,29
Modelado 4D	942	28,26	141,30	233,43	1344,99
Presentación 4D	146	4,38	21,90	36,18	208,46
Preparación Memoria 1	1460	43,80	219,00	361,79	2084,59
Preparación Memoria 2	120	3,60	18,00	29,74	171,34
TOTAL	3690 €	110,70 €	553,50 €	914,38 €	5268,58 €

6. Conclusiones

La utilización de técnicas y modelos BIM supone un avance tecnológico, social y económico. Ya se están empleando en proyectos e iniciativas tanto públicas como privadas, en nuestro entorno más cercano, debido a las ventajas que permiten (control de calidad, ahorro de costos y tiempos, eficiencia, agilidad y precisión en los procesos, aumento de seguridad o detección precoz de conflictos, etc...).

También forman ya parte de programas de estudio o formación de profesionales en el ámbito privado. (Gestores BIM, Coordinadores BIM o Ingenieros y Arquitectos especializados en BIM). Estos profesionales suponen una ventaja competitiva para las empresas o entidades que cuenten con ellos, consiguiendo un mayor aprovechamiento de la información y los recursos.

En este proyecto se ha querido mostrar las posibilidades y ventajas que nos aportan estas nuevas técnicas. Para lograrlo se ha elaborado la planificación del proceso constructivo mediante la generación de un modelo BIM 4D y la posterior obtención de un producto añadido de salida en formato video.

7. Bibliografía

Atlas En Mapas. Planeta DeAgostini. 2009. U.E. (03-07) ISBN O.C.: 978-84-674-8123-5 ISBN Fichas: 978-84-674-8124-2

NAVARRO MECO, Guillermo. "Levantamiento a escala 1/200 del yacimiento arqueológico de Mleiha zona 5 (E.A.U)". Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Técnicos en Topografía, Geodesia y Cartografía, Madrid, 2013.

Diccionario Enciclopédico Espasa. 5ª ed. Madrid: Espasa-Calpe, S.A. Madrid, 1989. ISBN 84-239-5913-9

Larousse 2000. 1ª ed. Barcelona: Temáticos Larousse, S.A. Barcelona, 1998. ISBN 84-89898-50-2

Gran Diccionario Enciclopédico Carroggio. 1ª ed. Barcelona: Carroggio, S.A. De Ediciones, 2005. ISBN 84-7254-046-4

The Times-Rialp Atlas Of The World. 9ª ed. London: Times Books-Harper Collins Publishers, 1992. ISBN 84-321-2913-5

The Times Comprehensive Atlas Of The World. 12ª ed. London: Times Books Group Ltd., 2007. ISBN 978-0-00-723670-1

DOREA MATTOS, Aldo y GONZALEZ FERNANDEZ DE VALDERRAMA, Fernando. *Métodos de Planificación y Control de Obras. Del Diagrama de Barras al BIM*. Barcelona: Editorial Reverté, S.A., 2014, 311p. Manuales Universitarios de Edificación; 4. ISBN: 978-84-291-3104-8

UNIVERSE IN UNIVERSE. *Art Destinations. Selected art & culture destinations. Sitios arqueológicos: Dr. Gerhard Haupt y Pat Binder* [en línea].
<http://universes-in-universe.org/esp/art_destinations/sharjah/archaeological_sites>. [Consulta: 06-12-2014]

UNIVERSE IN UNIVERSE. *Art Destinations. Selected art & culture destinations. Mapa Sitios arqueológicos: Dr. Gerhard Haupt y Pat Binder* [en línea].
<http://universes-in-universe.org/esp/art_destinations/sharjah/archaeological_sites/map_archaeological_sites>. [Consulta: 06-12-2014]

UNIVERSE IN UNIVERSE. *Art Destinations. Selected art & culture destinations. Jebel Faya: Dr. Gerhard Haupt y Pat Binder* [en línea].
<http://universes-in-universe.org/esp/art_destinations/sharjah/archaeological_sites/jebel_faya_2>. [Consulta: 06-12-2014]

UNIVERSE IN UNIVERSE. *Art Destinations. Selected art & culture destinations. Tumba Umm an-Nar: Dr. Gerhard Haupt y Pat Binder* [en línea].
<http://universes-in-universe.org/esp/art_destinations/sharjah/archaeological_sites/umm_an_nar_tomb>. [Consulta: 06-12-2014]

UNIVERSE IN UNIVERSE. *Art Destinations. Selected art & culture destinations. Jebel al-Buhais: Dr. Gerhard Haupt y Pat Binder* [en línea].
<http://universes-in-universe.org/esp/art_destinations/sharjah/archaeological_sites/jebel_al_buhais>. [Consulta: 06-12-2014]

UNIVERSE IN UNIVERSE. *Art Destinations. Selected art & culture destinations. Fuerte de Mleiha: Dr. Gerhard Haupt y Pat Binder* [en línea].

http://universes-in-universe.org/esp/art_destinations/sharjah/archaeological_sites/mleiha_fort.

[Consulta: 06-12-2014]

UNIVERSE IN UNIVERSE. *Art Destinations. Selected art & culture destinations. Mapa Emirato de Shajah: Dr. Gerhard Haupt y Pat Binder* [en línea].

http://universes-in-universe.org/esp/art_destinations/sharjah/about_sharjah/emirate_sharjah_map.

[Consulta: 06-12-2014]

GOOGLE. *Emiratos Árabes Unidos: Basarsoft, Google Maps 2014* [en línea].

<https://www.google.es/maps/place/Emiratos+%C3%81rabes+Unidos/@35.1140534,41.777776,4z/data=!4m2!3m1!1s0x3e5e48dfb1ab12bd:0x33d32f56c0080aa7!5m1!1e4>. [Consulta: 06-12-2014]

FUNDACION WIKIMEDIA INC. *Organización territorial de los Emiratos Árabes Unidos: Wikipedia 2014* [en línea].

http://es.wikipedia.org/wiki/Organizaci%C3%B3n_territorial_de_los_Emiratos_%C3%81rabes_Unidos.

[Consulta: 06-12-2014]

GOOGLE. *Al Malaiha-Sharjah-Emiratos Árabes Unidos: Directorate Of Islamic Affairs, Sharjah, Google Maps 2014* [en línea].

<https://www.google.es/maps/place/@25.2607225,55.9077072,10z/data=!4m2!3m1!1s0x3ef5a235c277d2eb:0xe2a4b3530469a064!5m1!1e4>. [Consulta: 06-12-2014]

GOOGLE. *Al Malaiha-Emiratos Árabes Unidos: Google Maps 2014* [en línea].

<https://www.google.es/maps/@25.1121611,55.861834,3882m/data=!3m1!1e3!5m1!1e4>.

[Consulta: 06-12-2014]

FUNDACION WIKIMEDIA INC. *Sharjah (Emirato): Wikipedia 2014* [en línea].

[http://es.wikipedia.org/wiki/Sharjah_\(emirato\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Sharjah_(emirato)). [Consulta: 06-12-2014]

FUNDACION WIKIMEDIA INC. *Historia Emiratos Árabes Unidos: Wikipedia 2014* [en línea].

http://es.wikipedia.org/wiki/Emiratos_%C3%81rabes_Unidos#Historia_de_los_Emiratos_.C3.81rabes_Unidos

[Consulta: 06-12-2014]

FUNDACION WIKIMEDIA INC. *Geografía Emiratos Árabes Unidos: Wikipedia 2014* [en línea].

http://es.wikipedia.org/wiki/Geograf%C3%ADa_de_los_Emiratos_%C3%81rabes_Unidos. [Consulta: 06-12-2014]

FUNDACION WIKIMEDIA INC. *Geohack Emiratos Árabes Unidos: Wikipedia 2014* [en línea].

http://tools.wmflabs.org/geohack/geohack.php?pagename=Emiratos_%C3%81rabes_Unidos&language=es¶ms=24_28_0.12_N_54_22_0.12_E_. [Consulta: 06-12-2014]

UAE INTERACT. NATIONAL MEDIA COUNCIL. *Noticias e Información de los Emiratos Árabes Unidos. Datos Generales* [en línea]. <http://www.uaeinteract.com/spanish/factfile/>. [Consulta: 06-12-2014]

UAE INTERACT. NATIONAL MEDIA COUNCIL. *Noticias e Información de los Emiratos Árabes Unidos. Patrimonio* [en línea]. <<http://www.uaeinteract.com/spanish/heritage/>>. [Consulta: 06-12-2014]

SHARJAH MUSEUMS DEPARTMENT. *Our Museums: Sharjah Museums Department 2011* [en línea]. <<http://www.sharjahmuseums.ae/Inner-Pages/Our-Museums.aspx>>. [Consulta: 06-12-2014]

FUNDACION WIKIMEDIA INC. *Sarja (Ciudad): Wikipedia 2014* [en línea]. <[http://es.wikipedia.org/wiki/Sarja_\(ciudad\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Sarja_(ciudad))>. [Consulta: 06-12-2014]

GOOGLE. *Imágenes Emiratos Árabes Unidos Geográfico* [en línea]. <https://www.google.es/search?q=emiratos+arabes+unidos+geografico&espv=2&biw=1280&bih=899&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=cieIVlr9CpDSaOXXgOgE&ved=0CAgQ_AUoAQ>. [Consulta: 06-12-2014]

UAM. *Etnoarqueología y sedentarización: evolución de la arquitectura doméstica en Mleiha (Sharjah, E.A.U.): Mouton, M. 1998* [en línea]. <<https://repositorio.uam.es/handle/10486/3320?show=full>>. [Consulta: 06-12-2014]

FRANCE DIPLOMATIE. *Emiratos Árabes Unidos–Mleiha: Ministerio de Asuntos Exteriores y Desarrollo Internacional-Francia 2014* [en línea]. <<http://www.diplomatie.gouv.fr/es/tobearchived/arqueologia/apuntes-de-arqueologia/africa-arabia/emiratos-arabes-unidos-mleiha/>>. [Consulta: 06-12-2014]

BUILDING SMART. *Folleto BIM. Qué es BIM: Building Smart Spanish home of openBIM 2014* [en línea]. <http://www.buildingsmart.es/images/bim_leaflet.jpg>. [Consulta: 10-12-2014]

BUILDING SMART. *Documentos UBIM: Building Smart Spanish home of openBIM 2014* [en línea]. <<http://www.buildingsmart.es/index.php/ubim/documentos-ubim>>. [Consulta: 10-12-2014]

AUTODESK INC. *European Parliament Directive to Spur BIM Adoption in 28 EU Countries: Autodesk News and Opinions 2014*. [en línea]. <http://inthe fold.autodesk.com/in_the_fold/2014/01/european-parliament-directive-to-spur-bim-adoption-in-28-eu-countries.html#sthash.dA1LIIGL.dpuf>. [Consulta: 10-12-2014]

BIMMEETING. *Directiva sobre contratación pública de la Unión Europea (EUPPD): BIMmeeting 2014*. [en línea]. <<http://bimmeeting.es/directiva-sobre-contratacion-publica-de-la-union-europea-euppd/>>. [Consulta: 10-12-2014]

ARQUITECTON. *Directiva del Parlamento Europeo para estimular la adopción del BIM en los 28 países de la UE*. [en línea]. <<http://www.arquitecton.es/directiva-del-parlamento-europeo-para-estimular-la-adopcion-del-bim-en-los-28-paises-de-la-ue/>>. [Consulta: 10-12-2014]

UE. Directiva 2014/24/UE, de 26 de febrero, sobre contratación pública. Diario Oficial de la Unión Europea, 28 de marzo de 2014, L 94, p.65-242 [en línea].

<<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0024&from=EN>>. [Consulta: 10-12-2014]

ZIGURAT. *¿Qué es el BIM?: ZIGURAT* [en línea].

<<http://www.e-zigurat.com/master-bim-manager/?target=20140718-mbim-adwords&origen=adwords-display-rmk&gclid=CLK6gc-ascICFYXJtAodhwYAsw>>. [Consulta: 10-12-2014]

AECON SOLUCIONES. *Project Management, Planificación BIM 4D: AECon Soluciones 2014* [en línea].

<<http://www.aec-on.com/#!synchro/c1t05>>. [Consulta: 10-12-2014]

FIERAS DE LA INGENIERÍA. *BIM-4D: El tiempo añadido al modelado de información de construcción: Eugenio Rodriguez 2014*. [en línea].

<<http://www.fierasdelaingenieria.com/bim-4d-el-tiempo-anadido-al-modelado-de-informacion-de-construccion/>>. [Consulta: 10-12-2014]

SYNCHRO SOFTWARE. *Case Studies: Synchro Software 2015* [en línea].

<<https://synchro ltd.com/case-studies/#>>. [Consulta: 10-12-2014]

FUNDACION WIKIMEDIA INC. *Modelado de información de construcción: Wikipedia 2014* [en línea].

<http://es.m.wikipedia.org/wiki/Modelado_de_informaci%C3%B3n_de_construcci%C3%B3n>. [Consulta: 10-12-2014]

FUNDACION WIKIMEDIA INC. *Virtual design and construction: Wikipedia 2014* [en línea].

<http://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_design_and_construction>. [Consulta: 10-12-2014]

IBC. *Institute for BIM in Canada (IBC) and buildingSMART Canada 2014* [en línea].

<http://www.acebim.ca/uploads/files/Symposium2013/Bill_Moore.pdf>. [Consulta: 10-12-2014]

ASOCIACION PROBIM. *Open BIM: PROBIM 2014* [en línea].

<http://probim.org/bim/open_bim.html>. [Consulta: 10-12-2014]

ASOCIACION PROBIM. *Estándares BIM-Qué es IFC: PROBIM 2014* [en línea].

<<http://probim.org/productos/ifc.html>>. [Consulta: 10-12-2014]

BABOOM LAB. *BIM: Baboom Lab 2013* [en línea].

<<http://www.baboomlab.com/bim-esp.html>>. [Consulta: 10-12-2014]

INTROMAC. *Curso BIM - Revit Architecture 2015* [en línea].

<<http://www.intromac.com/wp-content/uploads/2014/11/programa-BIM.pdf>>. [Consulta: 10-12-2014]

FUNDACION WIKIMEDIA INC. *Mechanical, electrical, and plumbing: Wikipedia 2014* [en línea].

<http://en.wikipedia.org/wiki/Mechanical,_electrical,_and_plumbing>. [Consulta: 10-12-2014]

FUNDACION WIKIMEDIA INC. *Facility management: Wikipedia 2014* [en línea].
<http://es.wikipedia.org/wiki/Facility_management>. [Consulta: 10-12-2014]

AUTODESK INC. *Software para diseño de construcción para BIM: Autodesk 2014* [en línea].
<<http://www.autodesk.es/products/revit-family/features/construction/all/gallery-view>>. [Consulta: 10-12-2014]

GRAPHISOFT SE. *Modelos BIM: BIMx-Graphisoft 2013* [en línea].
<<https://bimx.graphisoft.com/>>. [Consulta: 10-12-2014]

AECON SOLUCIONES. *BIM para arquitectura, Ingeniería y Construcción: AECon Soluciones 2014* [en línea].
<<http://www.aec-on.com/#!synchro/c1t05>>. [Consulta: 10-12-2014]

MILTON CHANES. *BIM ¿el futuro de la arquitectura?: Milton Chanes 2014* [en línea].
<<http://www.miltonchanes.com/2014/04/bim-el-futuro-de-la-arquitectura.html>>. [Consulta: 10-12-2014]

PEÑAFIEL, Javier., ZAYAS, Jorge. Fundamentos del sistema GPS y aplicaciones en la topografía. Colegio de Ingenieros Técnicos en Topografía, Madrid, 2001. Transformación Helmert, p. 55 [en línea].
<<http://es.slideshare.net/cerz2005/fundamentos-del-sistema-gps>>. [Consulta: 10-12-2014]

TRIMBLE NAVIGATION LIMITED. *The easiest way to draw in 3D 2015* [en línea].
<<http://www.sketchup.com/es>> [Consulta: 09-03-2015]

SYNCHRO SOFTWARE LTD. *Software de Project Management 4D para Construcción 2015* [en línea].
<<https://synchroltd.com/es/>>. [Consulta: 08-04-2015]

8. Agradecimientos

Este proyecto no hubiera sido posible sin la implicación, apoyo y guía de mis dos tutores, Mercedes Farjas y Rafael Guadalupe. Por ello quiero agradecer en primer término sus valiosas aportaciones y la inolvidable experiencia compartida con ellos.

En segundo lugar, y dentro del ámbito profesional, tengo que reconocer la contribución de Tom Denengis (Chief Executive Officer de Synchro Ltd.) y de Manuel Javier Martínez Ruiz (Dirección Técnica del Servicio de Metodos de Dragados).

También me gustaría destacar la excelente relación y colaboración mantenida con los compañeros de la Escuela Efraim, Victor y Jesús, a lo largo de este trabajo.

Por último, deseo agradecer el apoyo de mi familia y amigos, muy especialmente a Cristina, M^aAntonia y Enrique.